

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

| Тема работы   |
|---|
| <b>Разработка технологии сварки и сборки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм</b> |

УДК 621.757:621.791:622.691.4

Студент

| Группа  | ФИО         | Подпись | Дата |
|---------|-------------|---------|------|
| 3-10А60 | Ярёмко Ф.В. |         |      |

Руководитель

| Должность  | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Ильященко Д.П. | К.Т.Н.                 |         |      |

Нормоконтроль

| Должность  | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Ильященко Д.П. | К.Т.Н.                 |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность  | ФИО              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Полицинская Е.В. | к.п.н., доцент         |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность  | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Солодский С.А. | К.Т.Н.                 |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП «Машиностроение» | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ                        | Ильященко Д.П. | К.Т.Н.                 |         |      |

Юрга – 2021 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

| Код компетенции                         | Наименование компетенции   |
|---|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |  |
| <b>УК(У)-1</b>                          | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач   |
| <b>УК(У)-2</b>                          | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений   |
| <b>УК(У)-3</b>                          | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде  |
| <b>УК(У)-4</b>                          | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)  |
| <b>УК(У)-5</b>                          | Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах   |
| <b>УК(У)-6</b>                          | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни  |
| <b>УК(У)-7</b>                          | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности   |
| <b>УК(У)-8</b>                          | Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |  |
| <b>ОПК(У)-1</b>                         | Умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.   |
| <b>ОПК(У)-2</b>                         | Осознанием сущности и значения информации в развитии современного общества.  |
| <b>ОПК(У)-3</b>                         | Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.  |
| <b>ОПК(У)-4</b>                         | Умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении. |
| <b>ОПК(У)-5</b>                         | Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |  |
| <b>ПК(У)-5</b>                          | Умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании  |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>ПК(У)-6</b>   | Умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями   |
| <b>ПК(У)-7</b>   | Способностью оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам   |
| <b>ПК(У)-8</b>   | Умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений  |
| <b>ПК(У)-9</b>   | Умением проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий  |
| <b>ПК(У)-10</b>  | Умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению   |
| <b>ПК(У)-11</b>  | Способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий  |
| <b>ПК(У)- 12</b> | Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств  |
| <b>ПК(У)- 13</b> | Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование  |
| <b>ПК(У)- 14</b> | Способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции |
| <b>ПК(У)- 15</b> | Умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования  |
| <b>ПК(У)-16</b>  | умением проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ  |
| <b>ПК(У)-17</b>  | Умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения  |
| <b>ПК(У)-18</b>  | Умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий  |
| <b>ПК(У)-19</b>  | Способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции   |

Студент гр. 3-10А60

Яремко Ф.В

Руководитель ВКР

Ильященко Д.П.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП «Машиностроение»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) (дата) Д.П. Ильященко  
(И.О.Ф.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                  |
|------------------|
| Дипломный проект |
|------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа  | ФИО                       |
|---------|---------------------------|
| 3-10А60 | Ярёмко Федору Викторовичу |

Тема работы:

|   |                     |
|---|---------------------|
| Разработка технологии сварки и сборки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225мм |                     |
| Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)                                      | 26.04.2021 №116-2/с |

|  |  |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |  |
|--|--|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Исходные данные к работе</b><br><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>        | Технологическая документация  |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> | 1. Обзор литературы.<br>2. Объект и методы исследования.<br>3. Разработка технологического процесса.<br>4. Конструкторский раздел.<br>5. Проектирование участка сборки-сварки.<br>6. Финансовый менеджмент.<br>7. Социальная ответственность. |

|   |                    |  |
|---|--------------------|--|
| <b>Перечень графического материала</b><br>(с точным указанием обязательных чертежей)        |                    |  |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br>(с указанием разделов) |                    |  |
| <b>Раздел</b>   | <b>Консультант</b> |  |
| Технологическая и конструкторская часть   | Ильященко Д.П.     |  |
| Финансовый менеджмент   | Полицинская Е.В.   |  |
| Социальная ответственность  | Солодский С.А.     |  |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>                |                    |  |
| Реферат   |                    |  |
|   |                    |  |
|   |                    |  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность  | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Ильященко Д.П. | К.Т.Н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО         | Подпись | Дата |
|---------|-------------|---------|------|
| З-10А60 | Ярёмко Ф.В. |         |      |

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 – 2021 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Срок сдачи студентом готовой работы |  |
|-------------------------------------|--|

| Дата<br>контроля | Название раздела (модуля)/<br>Вид работы (исследования) | Максимальный<br>балл раздела<br>(модуля) |
|------------------|---|--|
| 17.01.2021       | Обзор и анализ литературы.                              | 15                                       |
| 17.02.2021       | Объект и методы исследования.                           | 15                                       |
| 17.03.2021       | Разработка технологического процесса                    | 15                                       |
| 17.04.2021       | Конструкторский раздел                                  | 15                                       |
| 17.05.2021       | Проектирование участка сборки-сварки                    | 15                                       |
| 19.05.2021       | Финансовый менеджмент                                   | 15                                       |
| 20.05.2021       | Социальная ответственность                              | 10                                       |

**Составил преподаватель:**

| Должность  | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Ильященко Д.П. | к.т.н.                    |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Руководитель ООП<br>«Машиностроение» | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ                           | Ильященко Д.П. | к.т.н.                    |         |      |

Юрга – 2021г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа  | ФИО                       |
|---------|---------------------------|
| 3-10A60 | Ярёмко Федору Викторовичу |

| Институт            | ЮТИ ТПУ     | Отделение                 | Промышленных технологий   |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.01 «Машиностроение»,<br>профиль «Технология и<br>оборудование сварочного<br>производства» |

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР):<br>Материально-технических<br>Энергетических<br>человеческих | 5158976<br>186000<br>139419 |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов<br>ПЭ 100   | 13200                       |
| 3. Используемая система налогообложения<br>ставка налогов<br>ставка отчислений                               | общая<br>13%<br>30%         |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Расчет капитальных вложений в производственные фонд
2. Определение трудоемкости работ
3. Расчет стоимости выполнения проекта
4. Затраты на оплату труда
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений
6. Расчет экономической эффективности проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

Основные технико-экономические показатели участка

|  |            |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 15.04.2021 |
|--|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность  | ФИО              | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Полицинская Е.В. | к.п.н., доцент            |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО         | Подпись | Дата |
|---------|-------------|---------|------|
| 3-10A60 | Ярёмко Ф.В. |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа  | ФИО                       |
|---------|---------------------------|
| З-10А60 | Ярёмко Федору Викторовичу |

|                     |                                    |                           |                         |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Институт            | Юргинский технологический институт | Отделение                 |                         |
| Уровень образования | Бакалавриат                        | Направление/специальность | 15.03.01 Машиностроение |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|  |   |
|--|---|
| <p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки неповоротного сварного стыка на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul> |
| 2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме   |   |

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|  |  |
|--|--|
| 1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; действие фактора на организм человека; приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.                     |
| 2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности механические опасности (источники, средства защиты; термические опасности (источники, средства защиты); электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)                              | Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). |



|   |  |
|---|--|
| 3. Охрана окружающей среды: защита селитебной зоны анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | Вредные выбросы в атмосферу.                             |
| 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: перечень возможных ЧС на объекте; выбор наиболее типичной ЧС; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий                      | Перечень наиболее возможных ЧС на объекте                |
| 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны   | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. |
| <b>Перечень графического материала</b>  |  |
| При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)  | Лист плакат  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность  | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ЮТИ | Солодский С.А. | к.т.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа  | ФИО         | Подпись | Дата |
|---------|-------------|---------|------|
| З-10А60 | Ярёмко Ф.В. |         |      |

## Р е ф е р а т

Дипломный проект содержит 112 с, 15 рис., 25 табл., 21 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: анализ, полиэтилен, трубопровод, плавление, стык, оборудование, сварка, технология.

Объектом исследования является процесс сварки и сборки магистрального газопровода.

Предмет исследования: магистральный газопровод из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм.

Цель исследования: Разработка технологического процесса сборки и сварки магистрального газопровода диаметром 225 мм.

Задачи исследования:

1. Проанализировать литературу по полиэтиленовым трубам.
2. Определить требования и методы проектирования трубопроводов из полиэтилена
3. Обосновать и выбрать способ сварки, режим, оборудование, методы контроля.
4. Определить необходимое количество сборочно-сварочных приспособлений.
5. Спланировать участок сборки-сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб.

В результате для сборки и сварки магистрального газопровода выбрана сварка встык нагретым инструментом, подобранно оборудование: сварочный аппарат типа НИ, марка "Пилотфюз 250", изготовитель Сорон, Франция, спроектирован участок сборки и сварки сварного стыка магистрального газопровода диаметром 225 мм.

## Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПЭ - полиэтилен;

SDR - Standart Dimension Ratio (стандартное отношение размеров);

ПНД - полиэтилен низкого давления;

НИ - сварка нагретым инструментом;

ЗН- сварка закладным нагревателем;

ПТР - показатель текучести расплава;

САС - степень автоматизации аппаратов для сварки встык;

СОП - стандартные операционные процедуры;

ГОСТ Р 58121-2-18 - Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива;

РД 03-615-03 - Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов;

ГОСТ 2930-62 - Приборы измерительные. Шрифты и знаки;

РД 03-495-02 - Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного;

СП 42-101-2003 - Свод правил по проектированию и строительству;

ГОСТ 11262–80 - Пластмассы. Методы испытания на растяжение;

СП 62.13330 - Газораспределительные системы;

## Abstract

The diploma project contains 112 s, 15 figures, 25 tables, 21 sources, 4 applications.

Key words: analysis, polyethylene, pipeline, melting, joint, equipment, welding, technology.

The object of research is the process of welding and assembly of the main gas pipeline.

Subject of research: main gas pipeline made of polyethylene pipes with a diameter of 225 mm.

Purpose of the study: Development of a technological process for assembling and welding a main gas pipeline with a diameter of 225 mm.

Research objectives:

1. Analyze the literature on polyethylene pipes.
2. Determine the requirements and design methods for polyethylene pipelines
3. Justify and select the welding method, mode, equipment, control methods.
4. Determine the required number of assembly and welding devices.
5. To plan the site for the assembly and welding of the main gas pipeline of their polyethylene pipes.

As a result, butt welding with a heated tool was chosen for the assembly and welding of the main gas pipeline, equipment was selected: NI type welding machine, Pilotfuz 250 brand, manufactured by Soron, France, a section for assembly and welding of a welded joint of a main gas pipeline with a diameter of 225 mm was designed.

Designations, abbreviations, normative references

PE - polyethylene;

SDR - Standard Dimension Ratio;  
HDPE - low pressure polyethylene;  
NI - welding with a heated tool;  
3H - welding with embedded heater;  
MFR - melt flow rate;  
CAC - degree of automation of butt welding machines;  
SOP - Standard Operating Procedures;  
GOST R 58121-2-18: Plastic pipelines for transporting gaseous fuels;  
RD 03-615-03: Procedure for the application of welding technologies in the manufacture, installation, repair and reconstruction of technical devices for hazardous production facilities;  
GOST 2930-62: Measuring instruments. Fonts and signs;  
RD 03-495-02: Technological regulations for certification of welders and welding specialists;  
SP 42-101-2003: Code of rules for design and construction;  
GOST 11262-80: Plastics. Tensile test methods;  
SP 62.13330: Gas distribution systems;

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 16 |
| 1 Обзор и анализ литературы   | 18 |
| 1.1 Полиэтилен для производства труб и соединительных деталей                   | 18 |
| 1.2 Наименования и обозначения полиэтиленовых труб<br>российских производителей | 19 |
| 1.3 Свойства полиэтиленовых труб  | 21 |
| 1.4 Виды полиэтиленовых труб  | 23 |
| 1.5. SDR полиэтиленовых труб  | 26 |
| 2 Объект и методы исследования  | 28 |
| 2.1 Описание сварной конструкции  | 28 |
| 2.2 Требования НД применяемых к конструкции                                     | 29 |
| 2.2.1 Подготовка труб   | 29 |
| 2.2.2 Требования к сборке сварного соединения                                   | 30 |
| 2.2.3 Требования к сварке   | 31 |
| 2.2.4 Требования к клеймению шва  | 32 |
| 2.2.5 Требования к контролю качества  | 32 |
| 3 Расчеты и аналитика   | 41 |
| 3.1 Анализ исходных данных  | 41 |
| 3.1.1 Основные материалы  | 41 |
| 3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки  | 42 |
| 3.2 Режим сварки  | 48 |
| 3.3 Выбор основного оборудования  | 57 |
| 3.4 Выбор оснастки  | 62 |
| 3.5 Выбор методов контроля, регламент, оборудование                             | 65 |
| 3.6 Разработка технической документации   | 69 |
| 4 Проектирование участка сборки-сварки  | 70 |
| 4.1 Состав сборочно-сварочной площадки  | 70 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.2 Пространственное положение производственного процесса                                 | 70  |
| 4.3 Определение количества необходимого оборудования                                      | 70  |
| 4.4 Определение состава и численности рабочих   | 71  |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                         | 72  |
| 5.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды                                  | 73  |
| 5.2 Определение трудоемкости работ  | 74  |
| 5.3 Расчет стоимости выполнения проекта   | 78  |
| 5.3.1 Расчет затрат на сварочные материалы  | 78  |
| 5.3.2 Расчет затрат на электроэнергию   | 79  |
| 5.3.3 Расчет затрат на заработную плату   | 79  |
| 5.3.4 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений                 | 80  |
| 5.4 Расчет технико-экономической эффективности  | 82  |
| 5.5 Основные технико-экономические показатели участка                                     | 83  |
| 6 Социальная ответственность  | 84  |
| 6.1 Профессиональная социальная безопасность  | 84  |
| 6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование по их устранению             | 85  |
| 6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 88  |
| 6.2 Экологическая безопасность  | 94  |
| 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях   | 97  |
| 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности                           | 99  |
| Заключение  | 100 |
| Список используемых источников  | 101 |
| Приложение А (Технологическая карта сварки КСС)   | 104 |
| Приложение Б (Операционно-технологическая карта сварки)                                   | 107 |
| Приложение В (Сварной стык)   | 111 |
| Приложение Г (План участка)   | 112 |

## Введение

В современном мире пластмассовые трубы давно и успешно приходят на смену стальным и чугунным при строительстве и реконструкции трубопроводов наружных и внутренних сетей: систем холодного и горячего водоснабжения, отопления, канализации, водоотведения, газораспределения, каналов связи, а также магистральных и технологических трубопроводов, транспортирующих агрессивные среды. В значительно меньшей степени они получили распространение в России и странах СНГ, однако следует отметить наметившуюся в последнее время тенденцию к существенному росту их применения благодаря развитию отечественного производства пластмассовой трубопроводной продукции, созданию национальных стандартов и совершенствованию нормативной базы в области проектирования и строительства трубопроводов.

Магистральная газопроводная система наружных сетей России имеет протяженность более 5 миллионов километров. При средней стоимости строительства 1 километр трубопровода около 1 миллиона рублей общая стоимость этой системы составит 5000 миллиардов рублей. [1].

Средний износ трубопроводов в нашей стране составляет 60%, а в ряде регионов - 80% [1]. Число ежегодных аварий на инженерных коммуникациях не уменьшается, что, прежде всего, связано с неудовлетворительным состоянием трубопроводного транспорта.

Строительство магистрального газопровода из полиэтиленовых труб - актуально как никогда, так как аварии, постоянно происходящие из-за нарушения герметичности стальных труб в следствии коррозии, приводят к техногенным катастрофам, человеческим жертвам и наносят ущерб экономике страны.



Объектом исследования является процесс сварки и сборки магистрального газопровода.

Предмет исследования: магистральный газопровод из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм.

Цель исследования:

Разработка технологического процесса сборки и сварки магистрального газопровода диаметром 225 мм.

Задачи исследования:

6. Проанализировать литературу по полиэтиленовым трубам.
7. Определить требования и методы проектирования трубопроводов из полиэтилена
8. Обосновать и выбрать способ сварки, режим, оборудование, методы контроля.
9. Определить необходимое количество сборочно-сварочных приспособлений.
10. Спланировать участок сборки-сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб.

При решении поставленных задач применялись следующие методы исследования:

- 1) изучение и анализ литературы;
- 2) анализ технической и нормативной документации;
- 3) изучение и обобщение опыта специалистов;
- 4) анализ результатов.

## 1 Обзор и анализ литературы

### 1.1 Полиэтилен для производства труб и соединительных деталей

Полимеры - высокомолекулярные соединения, макромолекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев. Развитие полимерной науки и химической промышленности в последние десятилетия привело к появлению широкого спектра совершенно новых веществ - пластмасс и эластомеров, многие из которых имеют свойства, отличные от свойств любых полимеров [2].

Материалы на основе полимеров, способные под воздействием температуры и давления формоваться и затем устойчиво сохранять (в результате охлаждения или отверждения) приданную им форму, широко используются для производства труб и соединительных деталей. Помимо основного полимера, пластмассы содержат добавки, улучшающие их технологические и эксплуатационные свойства.

Полимерными материалами, применяемыми для изготовления труб и соединительных деталей, являются полиолефины - ПЭ, полипропилен (ПП) и полибутен (ПБ), непластифицированный поливинилхлорид (НПВХ) и полиамид (ПА).

Для изготовления труб также применяют в незначительных объемах поликарбонаты, сополимеры стирола, композиционные материалы (стеклопластики) на основе полиэфирных и эпоксидных смол.

Классификация трубных марок полимеров осуществляется в соответствии с международным стандартом ИСО 12162-1995 (ГОСТ ИСО 12162-2006) по величине минимальной длительной прочности ПЭ, которая должна сохраняться в течение 50 лет при температуре 20 °С.

Необходимость повышения, эксплуатационных параметров и надежности газовых сетей потребовала разработки специальных трубных

марок полиэтилена высокой плотности (ПВП) и полиэтилена средней плотности (ПСП). Новый материал отличается повышенными показателями стойкости к гидростатическому давлению и медленному распространению трещин [3].

## 1.2 Наименования и обозначения полиэтиленовых труб российских производителей

Существуют общепринятые наименования и обозначения полимерных материалов для трубопроводов, приведенные в таблице 1 [4].

Таблица 1 - Условные обозначения полимерных материалов

| Материал  | Условное обозначение                            |   |
|---|---|---|
|   | русское   | международное   |
| Полиэтилен плотности:<br>- низкой<br>- средней<br>- высокой | ПЭ<br>ПНП (ПЭ 32)<br>ПСП (ПЭ 63)<br>ПВП (ПЭ 63) | PE<br>PE-LD (PE 32)<br>PE-MD (PE 63)<br>PE-HD (PE 63) |
| Сополимеры этилена  | ПЭ 80, ПЭ 100, PE-RT                            | PE 80, PE 100,<br>PERT (LPE)                          |

|   |                                      |  |
|---|--------------------------------------|--|
| Сшитый полиэтилен:<br>а) в зависимости от способа сшивки и защиты от диффузии кислорода:<br>- пероксидный<br>- органосилоксанами<br>- радиационный<br>б) композиты на основе сшитого полиэтилена, например PEX а, с противокислородным диффузионным барьером из:<br>- алюминия<br>- этиленвинилового спирта | ПЭС<br><br>-<br>-<br>-<br><br>-<br>- | PEX<br><br>PEX a<br>PEX b<br>PEX c<br><br>PEX a-Al-PEX a<br>PEX a-EVON |
|---|--------------------------------------|--|

Окончание таблицы 1

|   |   |  |
|---|---|--|
| Полипропилен:<br>- гомополимер тип 1<br>- блок-сополимер тип 2<br>- статистический сополимер пропилена с этиленом тип 3<br>- с противокислородным диффузионным барьером из алюминия | ПП<br>ПП тип 1<br>ПП тип 2<br>ПП тип 3<br><br>- | PP<br>PPH-100<br>PPB-80<br>PPR-80, PPR-100<br><br>PPR-Al-PPR |
| Полибутен с противокислородным диффузионным барьером из этиленвинилового спирта   | ПБ  | PB 125-EVON  |
| Поливинилхлорид непластифицированный  | НПВХ-100<br>НПВХ-125                            | PVC-U 100<br>PVC-U 125                                       |
| Хлорированный поливинилхлорид   | ПВХХ  | PVC-C 250  |
| Стеклопластики со связующим из смолы:<br>- эпоксидной<br>- полиэфирной  | -<br>-  | GRE<br>GRP   |

### 1.3 Свойства полиэтиленовых труб

Основные преимущества использования полиэтиленовых трубопроводов перед металлическими следующие:

- долговечность – гарантированный срок эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов составляет 50 лет, расчетный срок до 150 лет;

- коррозионная стойкость – физические и химические свойства полиэтилена гарантируют прекрасную герметичность и высокую стабильность под воздействием агрессивных веществ, находящихся в почве и в транспортируемой среде, в течение всего срока эксплуатации. Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены зарастанию внутренней поверхности продуктами коррозии и карбонатными отложениями. В результате зарастания внутренней поверхности пропускная способность металлических труб снижается через пять лет эксплуатации, в зависимости от группы воды, на 10 - 48 %, через десять лет – на 14 - 57 %, через 20 лет – 20 - 68 % [5];

- сопротивляемость блуждающим токам – полиэтиленовые трубопроводы не подвержены действию блуждающих токов, в свою очередь металлические трубопроводы часто пробиваются им. Полиэтилен обладает хорошими электроизоляционными свойствами;

- скорость и экономичность монтажа – для сварки полиэтиленовых труб не требуется тяжелая техника. Сваривать трубы может бригада из 1-2 человек. Значительно ниже потребление электроэнергии или топлива по сравнению со сваркой стальных труб. А применение так называемых «длинномерных труб» (на катушках или в бутах) снижает количество сварных соединений в 50-100 раз. Все это значительно ускоряет строительство полиэтиленовых трубопроводов и снижает стоимость монтажа. Кроме того, трубы из полиэтилена легче стальных в 2-4 раза и

поэтому перемещения при монтаже не требуют грузоподъемных механизмов. Одно транспортное средство перевозит в 2-4 раза больше полиэтиленовых труб, чем стальных. Эластичность и гибкость полиэтиленовых труб упрощает строительство и позволяет отказаться от покупки отводов. Полиэтиленовые трубы обладают повышенной стойкостью к гидравлическим ударам при нормальном уплотнении грунта;

- повышенная пропускная способность – увеличение пропускной способности полиэтиленовых труб нарастает со временем по двум причинам. Во-первых, диаметр полиэтиленовых труб увеличивается в процессе эксплуатации без потери работоспособности за счет характерного для полиэтилена явления ползучести. Это увеличение составляет 1,5% за первые десять лет и 3% за весь срок службы трубопровода. Во-вторых, внутренняя поверхность полиэтиленовой трубы со временем становится более мягкой и гладкой, вследствие набухания граничного слоя полимера и возникновения специфического поверхностного эффекта эластичности, который улучшает условия обтекания стенки трубы и снижает сопротивление движению. Гладкость полимерных труб на 30% выше, чем стальных, благодаря чему происходит снижение потерь давления в трубах. Это дает возможность – использовать полиэтиленовый трубопровод диаметром на один сортамент меньше по сравнению со стальным, что естественно ведет к экономии денежных средств при укладке трубопровода;

- экономия на изоляции – для прокладки подземных трубопроводов из стальных труб требуется изоляция поверхности труб полимерными пленками либо битумной мастикой. Все виды полиэтилена - плохие проводники тепла, благодаря чему изготовленным из них трубопроводам не требуются те объемы изоляции, которые необходимы для металлических труб. Теплопроводность полиэтиленовых труб в 175 раз меньше, чем у стальных, и в 1300 раз меньше, чем медных труб. При выборе материала для прокладки трубопровода следует учесть, что стоимость полиэтиленовой трубы ниже изолированной стальной трубы;

- безопасность – трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения изготавливают из полиэтилена марок, разрешенных органами здравоохранения по ГОСТ 18599-2001 Межгосударственный стандарт. Полиэтиленовые водопроводы токсикологически и бактериологически безопасны, их внутренний слой не выделяет в воду никаких вредных примесей;

- полиэтиленовые трубы очень "малошумные", они глушат звук протекания продукта, что не присуще металлическим трубопроводам;

- на наружной поверхности полиэтиленовых трубопроводов практически не наблюдается явление конденсации влаги;

- температурный интервал эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов от минус 45°С до плюс 60°С [6]. При замерзании продукта в полости трубопровода трубы не разрушаются, а увеличиваются в диаметре, приобретая прежний размер при оттаивании.

Такие основные качества как долговечность, экономичность, сокращение времени строительства, устойчивость к агрессивным средам, эластичность материала, безопасность все чаще заставляют делать выбор в пользу именно полиэтиленовых труб при строительстве трубопроводов различного назначения.

#### 1.4 Виды полиэтиленовых труб

В настоящее время для строительства газопроводов разрешено применять трубы и детали из ПЭ с минимальной длительной прочностью MRS 8,0 МПа - ПЭ 80 и MRS 10,0 МПа - ПЭ 100, нормативные технические требования к этим видам труб по ГОСТ Р 50838-2009 приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические требования к газовым трубам по ГОСТ 50838

| Наименование показателя  | Значение показателя для труб из полиэтилена  |   |
|--|--|---|
|  | ПЭ 80  | ПЭ 100                                    |
| 1. Внешний вид   | Трубы должны иметь гладкие наружную и внутреннюю поверхности. Допускаются незначительные продольные полосы и волнистость, не выводящие толщину стенки трубы за пределы допускаемых отклонений. На наружной, внутренней и торцевой поверхностях труб не допускаются пузыри, трещины, раковины, посторонние включения, видимые без увеличительных приборов. Цвет труб: желтый - для труб из ПЭ 80, желтый или оранжевый - для труб из ПЭ 100 (оттенки не регламентируются) или черный с желтыми или оранжевыми продольными маркировочными полосами в количестве не меньше трех, равномерно распределенными по окружности трубы. Цвет защитной оболочки - желтый или оранжевый (оттенки не регламентируются). Внешний вид поверхностей и торцов труб должен соответствовать контрольному образцу по приложению ДГ стандарта |   |
| 2. Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 20 °С, ч, не менее | При начальном напряжении 10,0 МПа:<br>100  | При начальном напряжении 12,4 МПа:<br>100 |

Продолжение таблицы 2

|   |   |   |
|---|---|---|
| 3. Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 80 °С при хрупком разрушении, ч, не менее | При начальном напряжении 4,5 МПа:<br>165  | При начальном напряжении 5,4 МПа:<br>165  |
| 4. Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 80 °С, ч, не менее                        | При начальном напряжении 4,0 МПа:<br>1000 | При начальном напряжении 5,0 МПа:<br>1000 |
| 5. Относительное удлинение при разрыве, %, не менее   | 350                                       |   |



|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>6. Стойкость к быстрому распространению трещин (БРТ) при 0°С при максимальном рабочем давлении трубопровода <math>0,1 &lt; MOP \leq 0,4</math> МПа и диаметром <math>\geq 250</math> мм или <math>MOP &gt; 0,4</math> МПа, диаметром <math>\geq 90</math> мм и толщиной стенки <math>\geq 5</math> мм:</p> <p>6.1. маломасштабный метод (S4), критическое давление <math>p_{cS4}</math>, МПа, не менее или</p> <p>6.2. полномасштабный метод (FS), критическое давление <math>p_{cFS}</math>, МПа, не менее</p> | $\frac{MOP}{2,4} - 0,072$                           |   |
|  | $MOP \times 1,5$                                    | $MOP \times 1,5$                                    |
| <p>7. Стойкость к медленному распространению трещин (МРТ) при 80 °С (для труб номинальной толщиной стенки более 5 мм), ч, не менее</p>   | <p>При начальном напряжении 4,0 МПа:</p> <p>500</p> | <p>При начальном напряжении 4,6 МПа:</p> <p>500</p> |
| <p>8. Термостабильность труб при 200 °С, мин, не менее</p>   | 20  |   |

Окончание таблицы 2

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>9. Изменение длины после прогрева труб номинальной толщиной стенки 16 мм и менее, %, не более</p> | <p>Отсутствие изменений внешнего вида</p> <p>3</p>   |  |
| <p>10. Стойкость к газовым составляющим при 80 °С, ч, не менее</p>                                   | <p>При начальном напряжении 2 МПа:</p> <p>20</p>   |  |
| <p>11. Свариваемость - стойкость к осевому растяжению сварного стыкового соединения</p>              | <p>Испытание до разрушения:</p> <p>пластический - удовлетворительно, хрупкий - неудовлетворительно</p> |  |

|   |  |
|---|--|
| (для труб диаметром $\geq 90$ мм и толщиной стенки $\geq 5$ мм), тип разрушения по сварному шву |  |
|---|--|

ПЭ 100 — это усовершенствованный ПЭ 80. Плотность ПЭ 100 выше, чем у ПЭ 80, а это означает, что труба из ПЭ 100, рассчитанная на определенное рабочее давление, имеет толщину стенок значительно меньшую, в отличие от трубы из ПЭ 80, для такого же рабочего давления в трубе [7]. Помимо увеличения пропускной способности ПЭ 100 перед ПЭ 80, уменьшается время сварки и снижается вес.

По своим свойствам материал ПЭ 100 более пригоден для изделий больших размеров, а ПЭ 80 — для изделий меньших размеров. Полиэтиленовые трубы особенно удобны для реновации трубопроводов бестраншейным способом, а система очень гибких труб из ПЭ 80 обладает особыми преимуществами при укладке в сложных условиях.

### 1.5. SDR полиэтиленовых труб

Одним из важных показателей, которые характеризуют полиэтиленовые трубы, является стандартное отношение размеров или SDR (Standart Dimension Ratio) [8]. Этот параметр представляет собой отношение наружного диаметра (номинального) к толщине стенки (также номинальной):

$$SDR = \frac{d}{S}, \quad (1)$$

где  $d$  — наружный диаметр, мм;

$S$  — толщина стенки, мм.

На рисунке 1 представлено выше описанное соотношение.

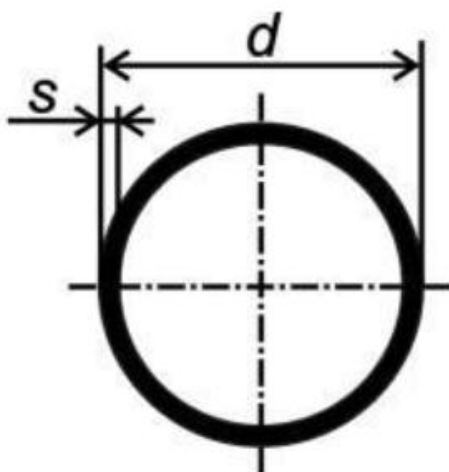


Рисунок 1 - Соотношение SDR

Очевидно, что с увеличением SDR уменьшается толщина стенки трубы, и наоборот, толщина стенки полиэтиленовой трубы тем больше, чем меньше значение SDR. Хотя на практике показатель SDR – это стандартный параметр, принимающий значения согласно таблице 3.

Таблица 3 - Зависимость толщины стенки трубы от наружного диаметра

|                      | Толщина стенки трубы, мм |        |          |
|----------------------|--------------------------|--------|----------|
| Наружный диаметр, мм | SDR 9                    | SDR 11 | SDR 17,6 |
| 32                   | -                        | 3,0    | -        |
| 63                   | 7,6                      | 5,8    | 3,6      |
| 90                   | 10,1                     | 8,2    | 5,2      |
| 110                  | 12,3                     | 10     | 6,3      |
| 160                  | 17,9                     | 14,6   | 9,1      |
| 225                  | 25,2                     | 20,5   | 12,8     |
| 315                  | 35,2                     | 28,6   | 17,9     |

## 2 Объект и методы исследования

Объектом разработки является участок сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм.

### 2.1 Описание сварной конструкции

Магистральным газопроводом называется трубопровод, предназначенный для транспорта газа из района добычи или производства в район его потребления, или трубопровод, соединяющий отдельные газовые месторождения.

Ответвлением от магистрального газопровода называется трубопровод, присоединенный непосредственно к магистральному газопроводу и предназначенный для отвода части транспортируемого газа к отдельным населенным пунктам и промышленным предприятиям.

Данное изделие представляет собой магистральный газопровод высокого давления, диаметр труб 225 мм, толщина стенок 20,5 мм, изготовленных из ПЭ 100 типа SDR 11.

## 2.2 Требования НД применяемых к конструкции

### 2.2.1 Подготовка труб

Основным нормативным документом, устанавливающим требования при подготовке труб является ГОСТ Р 58121-2-18.

При осмотре без применения увеличительных приборов внутренняя и наружная поверхности труб должны быть гладкими и ровными, без царапин, раковин и других дефектов поверхности, при наличии которых трубы не будут соответствовать требованиям стандарта. Маркировочные полосы, в количестве не менее трех, должны быть равномерно распределены по периметру труб. Торцы труб должны быть отрезаны перпендикулярно к оси [9].

Цвет труб - оранжевый (ПЭ 100), черный (ПЭ 80 и ПЭ 100). Трубы могут иметь маркировочные полосы в количестве не менее трех, равномерно распределенных по окружности. Цвет маркировочных полос желтый (для черных труб из ПЭ 80 или ПЭ 100) или оранжевый (для черных труб ПЭ 100) [9].

Подготовка труб:

- трубы необходимо тщательно очистить, их полости от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов;
- соединяемые концы очистить от всех загрязнений на расстояние не менее 50 мм от торцов;
- концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа на расстояние - не менее 15 мм;
- очистку производят сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой;

- если концы труб и деталей (вследствие небрежного хранения) окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, то их обезжиривают с помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов;

- не рекомендуется производить очистку и обезжиривание цветными и синтетическими волокнистыми тканями.

### 2.2.2 Требования к сборке сварного соединения

Требования к сборке сварного соединения включает:

- сборку стыков необходимо производить в условиях надежной защиты от ветра и попадания на стык атмосферных осадков;

- концы труб и деталей центрируют по наружной поверхности таким образом, что максимальная величина смещения наружных кромок не превышала 10% толщины стенок труб и деталей;

- подгонку труб и деталей при центровке осуществляют поворотом одного из свариваемых концов вокруг их оси, перестановкой опор по длине трубы;

- при сварке втык вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет 15-30 мм, а привариваемых деталей - не менее 5-15 мм;

- закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке - торцеванию с целью выравнивания свариваемых поверхностей непосредственно в сварочной машине;

- после механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается;

- удаление стружки из полости трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торца - с помощью ножа.

### 2.2.3 Требования к сварке

Сварку газопроводов из полиэтиленовых труб разрешено проводить при температуре воздуха от -15 °С до +45 °С.

При выполнении работ по сварке труб при температурах вне указанного интервала следует применить особый технологический режим сварки, который должен быть аттестован в соответствии с РД 03-615-03 [10], либо производить сварочные работы в помещениях, обеспечивающих соблюдение разрешенного температурного интервала.

Весь цикл сварки в общем случае можно разделить на следующие этапы:

- подготовка и центровка труб (деталей);
- торцевание свариваемых концов труб (деталей);
- контроль сборки и торцевания;
- установка нагревательного инструмента между свариваемыми концами труб (деталей);
- оплавление свариваемых концов труб (деталей);
- нагрев свариваемых концов труб (деталей);
- удаление нагревательного инструмента из зоны сварки (технологическая пауза);
- соединение торцов труб и/или деталей под давлением (осадка стыка);
- охлаждение стыка под давлением.

#### 2.2.4 Требования к клеймению шва

В настоящее время в большинстве случаев маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым маркером яркого цвета (например, белого или желтого - для черных труб, черного и голубого - для желтых труб). Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб. Код оператора (личный номер) должен быть закреплен за сварщиком приказом организации приказом организации, выполняющей сварочные работы [11].

Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центратора в двух диаметрально противоположных точках. Рекомендуется использовать клейма ПРУ-6 или ПУ-8 по ГОСТ 2930-62.

#### 2.2.5 Требования к контролю качества

Обеспечение требуемого уровня качества при строительстве магистральных газопроводов с использованием сварки полиэтиленовых труб включает:

- проверку квалификации (аттестации) сварщиков;
- аттестация сварочного оборудования;
- входной контроль качества используемых труб и деталей;
- проверку используемого оборудования;
- систематический операционный контроль качества сборки;
- визуальный контроль сварных соединений;
- механические испытания сварных соединений;



- ультразвуковой контроль (УЗК);
- приемочный контроль (гидравлические или пневматические испытания).

Проверка квалификации сварщиков. К работам по сварке полиэтиленовых трубопроводов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медкомиссию, специальное обучение, вводный инструктаж по технике безопасности, инструктаж по пожарной безопасности, инструктаж на рабочем месте, а также сдавшие экзамен специальной комиссии.

В ходе обучения сварщик должен получить специальную подготовку и аттестацию с проверкой теоретических знаний и практических навыков и получением удостоверения установленной формы и протокола аттестации. При получении допуска к производству работ сварщик должен сварить три допусковых стыка.

Порядок аттестации сварщиков по полимерам в системе Национального Агентства Контроля Сварки (НАКС) изложен в РД 03-495-02.

Входной контроль качества используемых труб и деталей. Полиэтиленовые трубы и детали с ЗН должны подвергаться входному контролю представителями строительно-монтажной организации или заказчика [9] и [12]. Входной контроль качества должен производиться лабораториями, оснащенными техническими средствами, обеспечивающими достоверность и полноту контроля.

Гарантийный срок хранения труб из полиэтилена — 2 года. Хранение полиэтиленовых труб на открытых площадках допускается в течение не более 6 месяцев.

Входной контроль включает проверку маркировки труб на соответствие данным сертификата и других сопроводительных документов, внешний осмотр наружной и внутренней (насколько возможно) поверхностей труб на предмет отсутствия недопустимых повреждений и деформаций, измерение наружного диаметра, толщины стенки труб, их овальности с помощью штангенциркуля и линейки.

Толщину стенки труб при проведении входного контроля допускается определять с погрешностью не более 0,1мм. Проверку среднего наружного диаметра труб для газопроводов проводят на расстоянии не менее 150 мм от торцов, а для водопровода не менее 100 мм от торцов.

Номинальные присоединительные диаметры соединительных деталей и номинальные диаметры полиэтиленовых труб должны совпадать.

Соединительные детали из полиэтилена при хранении в отапливаемых помещениях следует располагать не ближе 1 м от нагревательных приборов

Проверка перед работой используемого оборудования и инструментов. Перед сваркой необходимо проверить исправность используемого оборудования, провести его технический осмотр. Проверку технологического оборудования следует производить на соответствие паспортным данным, согласно инструкции по его эксплуатации. Если оборудование находится на сервисном обслуживании, то проверка выполняется в соответствии с рекомендациями сервисного центра. Дата техосмотра и его результаты должны быть отражены в журнале производства работ.

Систематический операционный контроль. Систематический операционный контроль качества сборки под сварку, а также режимов сварки рекомендуется производить по схемам, составляемым для каждого из видов контролируемых работ согласно СП 42-101-2003 [13].

Ответственность за операционный контроль возлагается на производителя работ, прошедшего соответствующий курс обучения (мастера, прораба).

Не допускается выход расплава наружу из зазора между деталью и трубами, в щель между трубами, через сигнальные лючки, коробление, деформация детали, провис труб, появление дыма во время сварки.

Визуальный контроль (осмотр) сварных соединений. Визуальный контроль (внешний осмотр), выполненных сваркой, заключается в визуально-

измерительном контроле геометрических параметров грата для выявления внешних дефектов формы шва и их размеров.

Качество стыковых сварных соединений полиэтиленовых газопроводов при визуальном контроле определяют без применения увеличительных приборов по следующим критериям: внешний вид, геометрическая форма и размеры наружного грата.

Измерение размеров грата производят при помощи средств измерений (штангенциркулем, специальными шаблонами) или сравнивая контролируемый шов с контрольным образцом, который отвечает всем требованиям нормативных документов и согласован с заказчиком или другим приемщиком выполненных работ.

Контроль качества контрольных сварных соединений (наплавки) должен выполняться контролерами (дефектоскопистами, непосредственно выполняющими контроль, лаборантами), аттестованными в установленном порядке на выполнение контроля конкретными методами. Измерительный контроль выполняют не менее чем в 4 местах сварного соединения, расположенных равномерно. Выбор мест измерения выполняет представитель аттестационной комиссии.

Внешний вид соединений, выполненных сваркой встык, должен отвечать следующим требованиям:

- валики грата должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;
- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% от толщины стенки трубы (детали);
- линия сплавления наружных поверхностей валиков грата не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);
- угол излома сваренных труб или трубы и детали не должен превышать  $5^{\circ}$ ;
- грат должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;

- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3–0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями (спиготами) это отношение допускается в пределах 0,2–0,8.

Ультразвуковой контроль. Ультразвуковой контроль (УЗК) является обязательным при контроле соединений газопроводов, сваренных встык НИ. Количество проверяемых УЗК сварных соединений устанавливается НД.

Для УЗК должны использоваться дефектоскопы, сертифицированные в установленном порядке и одобренные Ростехнадзором России, рисунок 2. Они, как правило, позволяют запоминать и хранить информацию о результатах контроля, а также переносить информацию на компьютер и выводить ее на принтер или монитор. Использование применяемых УЗ дефектоскопов проводят в соответствии с инструкциями на их эксплуатацию.

Рабочая часть используемых пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) должна обеспечивать их плотное сопряжение с поверхностью труб в околошовной зоне при контроле сварных соединений для свободного проникновения УЗ волн вглубь материала. С этой целью каждый дефектоскоп снабжают набором ПЭП с внутренними диаметрами, соответствующими номинальным наружным диаметрам полимерных труб, для контроля которых предназначается УЗ дефектоскоп. При установке и движении ПЭП по трубе в качестве смазки между внутренней поверхностью ПЭП и наружной поверхностью трубы используют специальные растворы.



Рисунок 2 - Ультразвуковой дефектоскоп

С помощью УЗК выявляются внутренние дефекты типа газовых пор, несплошностей, посторонних включений, трещин (в околошовной зоне или зоне сварки), а также смещение внутренних кромок труб.

Основными измеряемыми характеристиками выявленных дефектов являются:

- эквивалентная площадь дефектов;
- координаты дефекта в сварном соединении;
- условная протяженность дефекта;
- суммарная условная протяженность дефектов.

Бракованными считаются сварные соединения, в которых обнаружены:

- отдельный внутренний дефект, величина эквивалентной площади которого превышает установленный в зависимости от толщины стенки трубы норматив;

- многочисленные внутренние дефекты, допустимые по величине эквивалентной площади отдельных дефектов, но имеющие суммарную условную протяженность более 15% периметра трубы;

- смещение внутренних кромок труб более 10% от номинальной толщины стенки труб.

Допустимая величина эквивалентной площади дефектов сварных соединений при проведении УЗК устанавливается нормативными документами.

При строительстве на подрабатываемых и закарстованных территориях, в районах с сейсмичностью более 7 баллов, многолетне — мерзлых грунтах подлежит контролю физическими методами 100% стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов.

Стыки, сваренные аппаратами с ручным управлением, проверяются по нормам для стальных газопроводов.

При протяжке сваренных встык полиэтиленовых труб в изношенных стальных трубопроводах производится 100% УЗК стыков вне зависимости от вида сварочного аппарата.

При неудовлетворительных результатах УЗК необходимо проверить удвоенное число стыков на участках, не принятых в эксплуатацию. При неудовлетворительных результатах проверки ультразвуковым методом качества удвоенного количества стыков все однотипные стыки, выполненные данным сварщиком на участках, не принятых в эксплуатацию, должны быть проверены физическим методом контроля.

Если брак произошел по вине сварщика, то его следует отстранить от работы и направить на внеочередную аттестацию.

Механические испытания контрольных сварных соединений. Испытания контрольных сварных стыковых соединений выполняют на образцах-лопатках типа 2 по ГОСТ 11262–80 [14] на осевое растяжение, рисунок 3. Эти соединения можно подвергать испытаниям не ранее, чем через 24 часа после сварки.



Рисунок 3 - Образец лопатка типа 2 для испытаний сварных соединений

Образцы для испытаний на растяжение изготавливают механической обработкой из отрезков сварных соединений длиной не менее 160 мм. Допускается для труб с номинальной толщиной до 10 мм включительно вырубать образцы штампом-просечкой.

Из каждого контрольного сварного соединения вырезают (вырубают) равномерно по периметру шва не менее пяти образцов.

Для этого из соединения вырезают или вырубают (в зависимости от толщины стенки трубы) образцы-лопатки со сварным швом посередине (образцы типа 2 согласно ГОСТ 11262–80, рисунок 4). Ось образца должна быть параллельна оси трубы, толщина образца должна равняться толщине стенки трубы, сварной шов должен располагаться посередине с точностью  $\pm 1$  мм, образцы не должны иметь раковин, трещин и других дефектов.

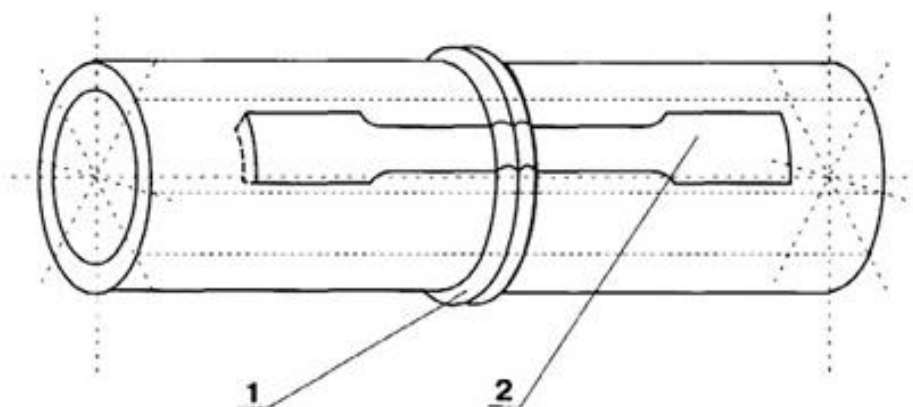


Рисунок 4 - Схема вырезки образцов из контрольного соединения

1- патрубок со сварным соединением; 2 - расположение образцов

Испытания проводят при скорости раздвижения зажимов испытательной машины, равной  $(100 \pm 10)$  мм/мин для образцов труб с номинальной толщиной стенки менее 6 мм и  $(25 \pm 2,0)$  мм/мин для образцов труб с номинальной толщиной стенки 6 мм и более.

Испытание на растяжение производят на любой разрывной машине, обеспечивающей точность измерения нагрузки с погрешностью не более 1% от измеряемого значения, мощность которой позволяет разорвать образцы (усилие от 5000 до 10000 Н) и которая имеет регулируемую скорость.

При испытании определяют характер (тип) разрушения образца, а также предел текучести при растяжении и относительное удлинение при разрыве.

Критерием качества сварного соединения, выполненного сваркой встык, по ГОСТ 11262–80, является характер разрушения образцов.

Приемочный контроль качества выполненных работ. Гидравлические или пневматические испытания (рисунок 5) смонтированного с использованием сварки встык трубопровода производят при сдаче его в эксплуатацию в соответствии с действующей НД. Испытательное давление зависит от рабочего давления в трубопроводе. Результаты приемочного контроля оформляются записями в строительном паспорте, актами, протоколами испытаний [11].



Рисунок 5 - Обмыливание сварного соединения при проверке на герметичность в ходе пневматических испытаний



### 3 Расчеты и аналитика

#### 3.1 Анализ исходных данных

Магистральный газопровод представляет собой стыковое соединение труб диаметром 225 мм и толщиной стенки 20,5 мм, изготовленных из ПЭ 100 типа SDR 11.

##### 3.1.1 Основные материалы

К основным материалам относятся:

- ПЭ 100 ГОСТ Р 58121-2-18 – композиция полиэтилена минимальной длительной прочностью 10 МПа.

Полиэтилен ПЭ-100 обладает следующими свойствами:

- плотность – 954 кг/м<sup>3</sup>, высота этого показателя позволяет изготавливать высокопрочные изделия из ПЭ-100, выдерживающие значительные нагрузки;
- прочность на разрыв – 1000 часов (для ПЭ-80 всего 700 часов);
- температура плавления – 130°C;
- температура хрупкости – 60°C;
- устойчив к трещинам и царапинам в рабочих условиях;
- устойчив к воздействию биологических газов и радиации;
- материал отличный диэлектрик;
- устойчив к растрескиваниям и растрескивателям.

ПЭ-100 по своему составу – полиэтилен высокой плотности или "полиэтилен низкого давления" (ПНД), полученный полимеризацией этилена

при высокой температуре, в присутствии набора катализаторов и при пониженном давлении.

Условное обозначение трубы: ПЭ100 ГАЗ SDR11 225×20,5 ГОСТ Р 58121-2-18.

Расшифровка: труба полиэтиленовая — диаметр 225 мм с толщиной стенки 20,5 мм, SDR - 11, предназначенная для газа и изготовленная по ГОСТ 58121-2-18. При ее производстве использовался полиэтилен низкого давления ПЭ 100.

Форма поставки от 6 п.м. до 13 п.м.

### 3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

Важным преимуществом является то, что по своим реологическим свойствам полиэтилен является хорошо свариваемым материалом. Благодаря широкому температурному интервалу вязкотекучего состояния (более 70 °С) и небольшой вязкости расплава.

Существует два основных метода неразъемного соединения газопроводов из полиэтиленовых труб – сварка деталями с закладными нагревателями и сварка встык нагретым инструментом.

Сварка полимерных труб встык нагретым инструментом. Один из наиболее ранних по разработке и широко распространенных способов неразъемного соединения труб из термопластов. Сварка встык НИ заключается в нагреве торцов свариваемых труб или деталей до вязкотекучего состояния полимера в результате контакта с НИ и последующем соединении торцов под давлением после удаления нагревателя.

При строгом соблюдении требований технологии прочность получаемых этим способом сварных соединений не меньше прочности основного материала труб.

Сварка встык НИ применяется для:

- соединения труб, соединительных деталей (переходов, отводов и др.) из полимерных материалов (полиэтиленовых, полипропиленовых и т.п.) при строительстве новых трубопроводов (газопроводов, водопроводов и др.), рисунок 6.
- ремонта трубопроводов из полимерных материалов;
- соединения полимерных труб при восстановлении изношенных стальных трубопроводов;
- изготовления футляров из полимерных труб.



Рисунок 6 - Сварка встык НИ полиэтиленового газопровода

Не рекомендуется соединять сваркой встык трубы разной толщины, однако при определенных условиях возможно стыковое соединение труб из разных наименований ПЭ, что разрешается ГОСТ Р 58121-2-18 и СП 62.13330. Для сварки встык газопроводов (ГО) толщина стенки должна быть не менее 5 мм согласно СП 42–103–2003. Стыковую сварку газопроводов разрешено проводить при температуре воздуха от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ , водопроводов — не ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  [32]. При выполнении работ по сварке труб при температурах вне указанного интервала следует применить особый технологический режим сварки, который должен быть аттестован в соответствии с РД 03–615–03 [15], либо производить сварочные работы в помещениях, обеспечивающих соблюдение разрешенного температурного интервала.

К достоинствам данного метода можно отнести так немаловажные параметры как:

- сварка встык позволяет визуально контролировать процесс сваривания;
- такая сварка пластиковых труб позволяет достичь высокого качества и прочности образующегося шва (образует шов прочностью в 80-85% прочности основного материала);
- при этом сварка труб встык имеет сравнительно невысокую стоимость;
- стыковая сварка выполняется на универсальном оборудовании (одни и те же аппараты сварки труб способны работать с трубами разных диаметров);
- абсолютно не требует никаких расходных материалов.

Основным и единственным недостатком является масса и габариты сварочного оборудования по сравнению с электромuffтовой сваркой. Размер оборудования больше по сравнению с электромuffтовой сваркой

Сварка полимерных труб деталями с закладными нагревателями.

Широко применяемая технология соединения полиэтиленовых труб при помощи деталей с закладными нагревателями (ЗН), которая заключается в расплавлении полиэтилена на соединяемых поверхностях детали (мuffты, отвода, перехода и т. д.) и труб за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по заложенному в деталь электрическому нагревателю (спирали из металлической проволоки), и последующем естественном охлаждении сварного соединения.

Сварку деталями с ЗН в технической литературе называют также сваркой с закладными нагревательными элементами, электромuffтовой, электросопротивлением, терморезисторной и пр.

Сварка деталями с ЗН используется во всей области применения полиэтиленовых трубопроводов, для:

- соединения полиэтиленовых труб (мерных, длинномерных), плетей, сваренных стыковой сваркой, при строительстве новых трубопроводов (газопроводов, водопроводов и др.);

- соединения полиэтиленовых труб с гладкими деталями без ЗН (отводами, тройниками, редуccionными муфтами, заглушками и т. п. с удлинненными хвостовиками);

- ремонта трубопроводов;

- присоединения ответвлений к трубопроводам (например, с помощью седловых отводов);

- восстановления изношенных стальных трубопроводов методом протяжки в них полиэтиленовых труб.

Сварка газопроводов деталями с ЗН может применяться при температуре воздуха от  $-15$  до  $+45$  °С. При выполнении работ по сварке полиэтиленовых труб при иных температурах либо следует применить особый технологический режим сварки, который должен быть аттестован в соответствии с РД 03-615-03, либо проводить сварочные работы в помещениях (палатках), обеспечивающих соблюдение разрешенного температурного интервала.

Сваркой деталями с ЗН можно соединять трубы с диаметром  $20 \div 2000$  мм независимо от толщины стенки, трубы с разным SDR, трубы из полиэтилена разных, но близких по характеристикам марок (например из ПЭ 80 и ПЭ 63, ПЭ 80 и ПЭ 100). Для прочного соединения необходимо, чтобы показатели текучести расплава у этих марок полиэтилена были одинаковы или близки по значению [16].

Конструкция муфты с ЗН показана на рисунке 7. Чтобы расплав не вытекал во время сварки в зазоры между трубами и деталью (муфтой) из-за увеличения объема полиэтилена при нагревании, витки ЗН располагают неравномерно вдоль продольного сечения детали. В результате там, где спираль не может расплавить полиэтилен (в центре и по краям детали), образуются так называемые «холодные зоны» [16].

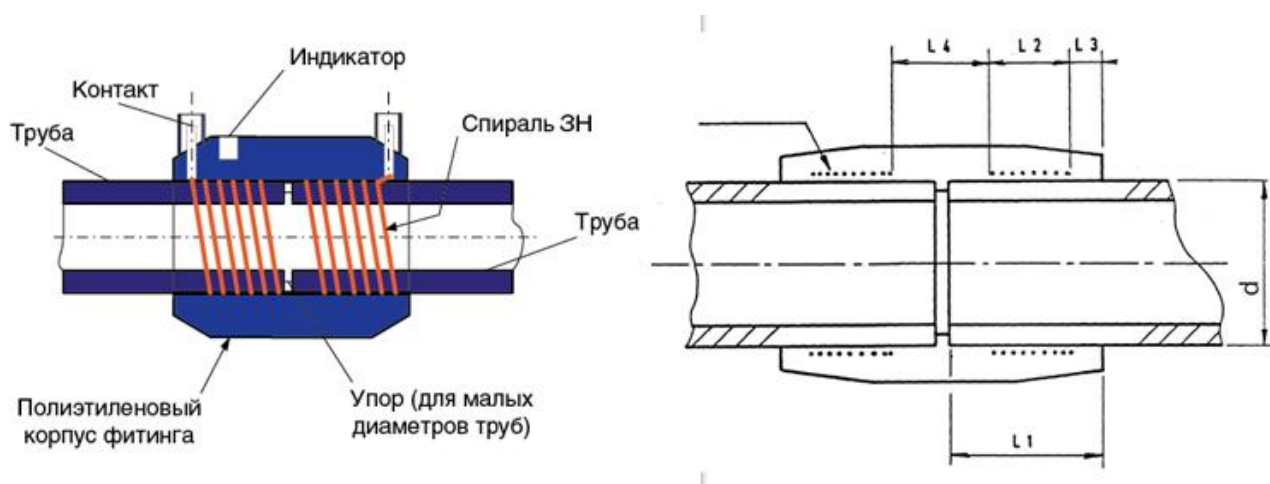


Рисунок 7 - Устройство муфты с ЗН

Сварка возможна как только деталями с ЗН, так и с одновременным использованием деталей без ЗН, которые соединяют с трубами специальными муфтами с ЗН.

Детали с ЗН могут быть, в зависимости от способа производства, как с открытой внутри детали спиралью ЗН, так и со спиралью ЗН, покрытой тонким слоем полиэтилена, рисунок 8.

При закрытой спирали передача тепла к трубе несколько замедляется за счет дополнительного слоя полиэтилена между спиралью и трубой.

Преимуществом открытой спирали является быстрый разогрев за счет конвекции и теплового излучения от ЗН и, соответственно, быстрое перекрытие внутреннего зазора расплавом за счет также и того, что деталь при нагреве расширяется внутрь, а труба — наружу.

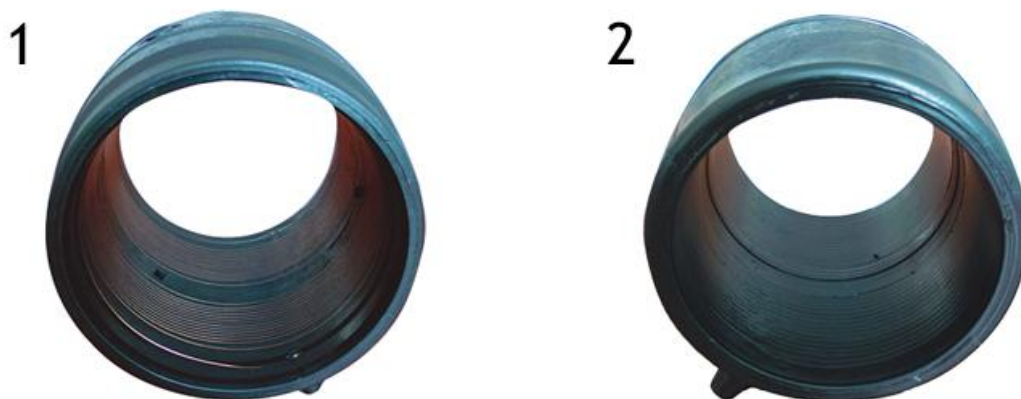


Рисунок 8 - Разновидности муфт с ЗН

1 - с открытой спиралью, 2 - с закрытой спиралью

К достоинствам данного метода можно отнести такие качества как:

- единственный способ, используемый для ремонта полиэтиленовых трубопроводов и врезки новых отводов ( в т. ч. под давлением);
- автоматизация процесса сводит влияние уровня подготовки и квалификации рабочего персонала (сварщика) к минимуму;
- большая зона сварки, чем при стыковой сварке, площадь контакта свариваемых труб существенно повышает надежность соединения;
- возможность соединения труб из разных марок полиэтилена и с разным SDR;
- отсутствуют ограничения на толщину стенки;
- сварка деталями с ЗН требует меньшей мощности источника энергии, чем сварка встык;
- меньший вес и габариты сварочного аппарата по сравнению с аппаратом для стыковой сварки облегчает, упрощает и ускоряет сварку в траншее или котловане, а также транспортировку.

К недостаткам стоит отнести такие факторы:

- сравнительно высокую стоимость соединительных деталей;
- много времени уходит на остывание стыка;
- из-за увеличения диаметра на месте стыка, становится
- затруднительно продольное перемещение трубопровода;
- удорожание строительства за счет стоимости деталей с ЗН, особенно при использовании мерных (длиной до 12 м) труб и труб большого диаметра ( $d > 200$  мм).

Проанализировав достоинства и недостатки рассмотренных видов сварки полиэтиленовых труб, опираясь на исходные данные, делаем выбор в пользу сварки встык нагретым инструментом.

### 3.2 Режим сварки

Рассмотрим зависимости для параметров наиболее распространенного типа режима стыковой сварки "при единственном низком давлении".

Температура зеркала нагревателя  $t_n$ . Температура зеркала нагревателя должна быть выше температуры плавления материала свариваемых труб, но, с другой стороны, ниже температуры его термодеструкции. Температура, до которой должен быть нагрет материал, должна быть такой, чтобы ее изменения не приводили к резким изменениям ПТР материала. Кроме этого, нагреватель должен быть достаточно горяч, чтобы по окончании технологической паузы материал торцов был достаточно текучим для последующего перемешивания под давлением. Т.е. температура нагрева материала должна быть не ниже, чем его температура вязкотекучего состояния на пологом участке температурной зависимости вязкости расплава. Необходимо также учесть остывание расплава во время технологической паузы, возможное отклонение качества материала труб от заявленных параметров, колебания температуры самого нагревателя ( $\pm 10^\circ\text{C}$ ).

Часть тепла, получаемого свариваемыми трубами или деталями, уходит в окружающую среду (воздух), а также вглубь материала. С увеличением толщины стенки трубы, т.е. уменьшении SDR, при неизменном диаметре площадь получения тепла от зеркала по торцу растет, а отдача тепла в воздух через стенки практически не изменяется. Таким образом, толстостенные трубы нагреваются быстрее тонкостенных. Теплоотдачу в воздух и вглубь материала необходимо компенсировать, причем тем больше, чем тоньше стенки трубы.

Таким образом, температура зеркала нагревателя зависит не только от свойств материала, но может зависеть и от геометрии трубы. Окончательно ее устанавливает производитель сварочного оборудования. При сварке полиэтиленовых труб и деталей она должна составлять  $190\div 245^\circ\text{C}$  [17, 18].



Время оплавления  $t_1$ , величина первичного грата.

$t_1$  обычно не нормируется и заканчивается в момент появления грата определенной высоты ( $h$ ). Высота первичного грата зависит от температуры нагревателя, ПТР материала и толщины стенки трубы ( $e$ ). Для полиэтилена минимальная высота первичного грата для режима сварки на рисунке 9 определяется как  $h \text{ (мм)} = 0,5 + 0,1 \times e \text{ (мм)}$  [17]. При этом по абсолютной величине она не может превышать 6 мм.

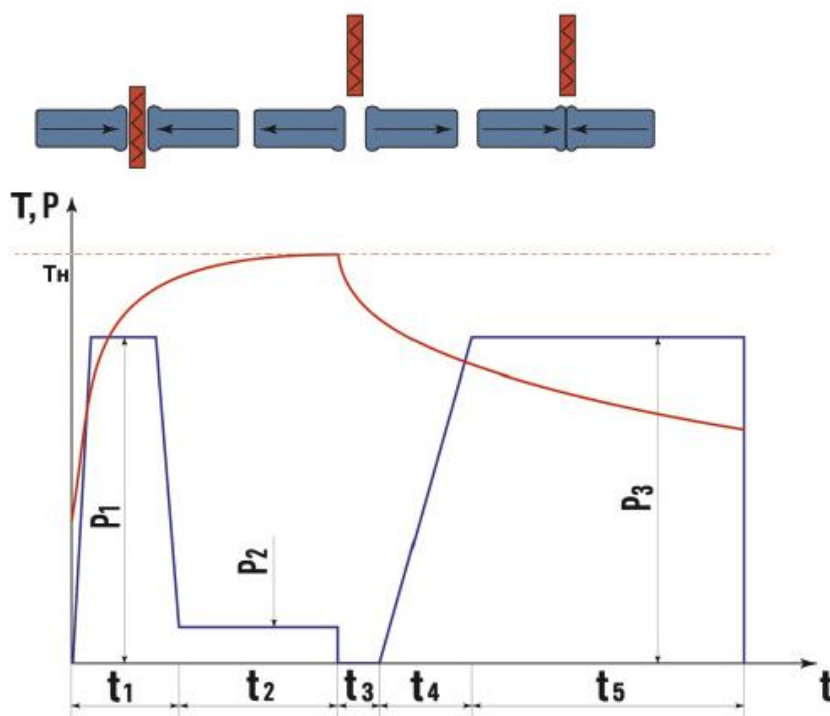


Рисунок 9 - График изменения давления ( $P$ ) и температуры ( $T$ ) на торцах со временем ( $t$ ) в процессе сварки

$P_1$ , (бар) - давление при оплавлении,  $P_2$ , (бар) - давление при нагреве,  $P_3$ , (бар) - давление при остывании,  $t_1$ , (с) - время оплавления,  $t_2$ , (с) - время нагрева,  $t_3$ , (с) - время технологической паузы,  $t_4$ , (с) - время повышения сварочного давления(осадки),  $t_5$ , (мин) - время остывания под давлением,  $T_n$ , ( $^{\circ}\text{C}$ ) - температура нагревателя

Время нагрева  $t_2$ . Время нагрева торцов определяется требуемой глубиной прогрева материала до расплавления. Если эта глубина будет слишком мала, не хватит объема расплава для перемешивания при осадке и остывании, который необходим для образования прочного сварного

соединения. Если глубина прогрева будет слишком большой, то труба может потерять жесткость и деформироваться при осадке. Экспериментально установлено, что оптимальная глубина прогрева до расплавления для ПЭ трубы приблизительно равна или немного превышает толщину ее стенки.

Коэффициент теплопроводности полиэтилена составляет  $0,36 \div 0,43$  Вт/м  $\times$  °К, а скорость прогрева (распространения изотермы плавления вглубь полиэтилена), зависящая от этого коэффициента, примерно 0,1 мм/сек. При расчете времени нагрева должны также учитываться потери тепла в воздух через стенки трубы (зависящие также от температуры воздуха) и температура нагревателя. В нормативной документации [17] приводится такая формула для режима сварки на рисунке 9:

$$t_2 (c) = (11 \pm 1) \times e \text{ (мм)}$$

В специальной литературе имеются аналогичные формулы:

$$t_2 (c) = 12 \times e \text{ (мм)} [19]$$

$$t_2 (c) = 15 \times e \text{ (мм)} [20]$$

То есть, например, для 10 мм стенки ПЭ трубы время ее нагрева должно составлять 100÷150 сек. При отрицательных температурах воздуха технологические карты производителей сварочных аппаратов могут предусматривать увеличение времени нагрева.

Технологическая пауза. Во время технологической паузы поверхность торцов остывает и подвергается окислению кислородом воздуха. Остывание и окисление ограничивают продолжительность технологической паузы. Для качественной сварки температура торцов должна гарантированно оставаться выше температуры плавления. Остывание проходит тем медленнее, чем больше накоплено тепла, т.е. чем больше толщина стенки, меньше SDR трубы и больше тепловая инерция материала, а также чем выше температура воздуха.

Поэтому для большинства термопластов максимально допустимое время технологической паузы тем больше, чем больше толщина стенки трубы или ее диаметр.

В нормативной документации [8] приводится такая формула для режима сварки на рисунке 9:

$$t_3(c) = 4 + 0,1 \times e \text{ (мм)}$$

В специальной литературе имеются аналогичные формулы:

$$t_3(c) = 4 + 0,3 \times e \text{ (мм)} [19]$$

$$t_3(c) = 3 + 0,01 \times D_n \text{ (мм)} [20]$$

Время осадки. Время осадки  $t_4$  является дополнительным параметром, связанным с особенностями перемешивания слоев расплавленного полимера. Если оно будет слишком малым, может произойти выплеск расплавленного материала с торцов труб без перемешивания. Если оно будет слишком велико, остывание приведет к снижению показателя текучести расплава и перемешивание будет недостаточным. В любом случае это снизит качество сварного соединения. Оптимальная величина времени осадки связана с объемом расплава, образовавшемся при нагревании, и, соответственно, с толщиной стенки и диаметром труб.

В нормативной документации [17] приводится такая формула для режима сварки на рисунке 9:

$$t_4(c) = 2 + 0,4 \times e \text{ (мм)}$$

В специальной литературе имеются аналогичные формулы:

$$t_4(c) = 4 + 0,4 \times e \text{ (мм)} [19]$$

$$t_4(c) = 3 + 0,03 \times D_n \text{ (мм)} [20]$$

Величины давлений. Давление на торцах свариваемых труб ( $P$ ), изменяемое в процессе сварки, является одним из важнейших сварочных параметров, которое указывается в требованиях НД. Оно связано с давлением в гидросистеме сварочного аппарата ( $P_{\Gamma}$ ), задающей усилие сжатия зажимов, следующим соотношением:

$$P = P_{\Gamma} \times S_{\text{ц}} / S_{\text{т}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{ц}}$  — площадь сечения гидроцилиндров гидросистемы;

$S_{\text{т}} = (D_n^2 - (D_n - 2e)^2) \times \pi/4$  — площадь торца свариваемой трубы/детали;

$D_n$  — наружный диаметр трубы;

$e$  — толщина стенки трубы.

В технологических картах всегда указываются величины  $P_g$ , зависящие от толщины стенки и материала труб, а также моделей сварочных аппаратов. Величина  $P_g$  из равенства фактически меньше величины давления, показываемого на манометре сварочного аппарата, на величину так называемого давления холостого хода (перемещения, страгивания), которое расходуется на преодоление сил трения в аппарате и трубы по грунту, а также инерционности труб. Поэтому  $P_g$  при сварке должны быть скорректированы с учетом значения давления холостого хода, определяемого экспериментально.

На определение оптимальной величины давлений на торцах влияет также следующее обстоятельство. Из-за возможного люфта зажимов или овальности труб имеется допуск на несовпадение (сдвиг друг относительно друга) торцов свариваемых труб — 10% от толщины их стенки. При таком сдвиге площадь сварки составит 90% от площади торца одной трубы. Для компенсации негативных последствий несовпадения давление нужно соответственно увеличить.

Итак, давления на торцах свариваемых труб при оплавлении и остывании ( $P_1$  и  $P_3$ ) определяются НД с учетом допуска на несовпадение и зависят от вида и марки материала свариваемых труб и/или деталей, режима сварки НИ, но не зависят ни от толщины стенки труб, ни от моделей аппаратов.

Минимально необходимое давление при оплавлении и остывании ( $P_1$  и  $P_3$ ) для ПЭ труб составляет:

- в соответствии с [21] —  $0,15 \pm 0,02$  МПа;
- в соответствии с [17] для режима сварки на рисунке 10 (при единственном низком давлении) —  $0,17 \pm 0,02$  МПа;
- в соответствии с [18] —  $0,2 \pm 0,02$  МПа.

Давление нагрева  $P_2$  должно быть много меньше  $P_1$ , чтобы избежать преждевременного выхода расплава в грат. Его величина обычно составляет 0,02 МПа (без учета давления холостого хода).  $P_2$  может быть снижена до нуля при условии сохранения контакта торца труб с зеркалом нагревателя.

Время остывания. Время остывания сварного соединения  $t_5$  определяется как время его остывания до определенной температуры, устанавливаемой производителем сварочного аппарата, например  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  или  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при которой остывший полимер приобретет достаточную прочность. Это время, как и время нагрева, зависит от тепловой инерции материала, т.е. от толщины стенки труб, их диаметра и SDR, коэффициентов теплопроводности и теплоемкости.

Должно зависеть оно также и от температуры нагревателя и температуры воздуха.

В нормативной документации [17] приводится такая формула для режима сварки на рисунке 9:

$$t_5 (\text{мин}) = 3 + e (\text{мм})$$

В специальной литературе имеются аналогичные формулы:

$$t_5 (\text{мин}) = 10 + 0,5 \times e (\text{мм}) [20]$$

Сравнение с формулами для времени нагрева показывает, что время остывания по крайней мере в 6÷10 раз больше времени нагрева.

При отрицательных температурах воздуха технологические карты производителей сварочных аппаратов могут предусматривать уменьшение времени остывания.

В таблице 4 приведен режим сварки встык НИ для наших исходных данных.

Таблица 4 - Режим сварки встык НИ

| Параметры свариваемых труб | Параметры сварки при температуре окружающего воздуха<br>0÷+20°C |         |         |                     |                                 |
|----------------------------|---|---------|---------|---------------------|---------------------------------|
| SDR                        | Диаметр и толщина стенки (мм)                                   | t2, (с) | t3, (с) | t5, (мин), не менее | ПЭ 100                          |
|                            |   |         |         |                     | Температура T <sub>н</sub> (°C) |
| 11                         | 225×20,5  | 250     | 14      | 23                  | 220±10                          |

Так же режим сварки зависит от вида и степени автоматизации сварочного аппарата, однако подогрев перед сваркой встык НИ сварных соединений из полимерных материалов для газопроводов не требуется, если только температура окружающей среды и их самих не ниже допустимой (-15 °С для ГО).

В соответствии с п.10.4.5 СНиП 42–01–2002 аппараты для сварки встык НИ подразделяются на модели в зависимости от степени автоматизации. Степень автоматизации аппаратов для сварки встык НИ в соответствии с требованиями САСв сокращенно обозначается следующим образом:

- С ручным управлением — СР;
- Со средней степенью автоматизации — ССА;
- С высокой степенью автоматизации — СВА.

1) С ручным управлением — если управление процессом сварки осуществляется вручную при визуальном или автоматическом контроле за соблюдением режима сварки, а регистрация режимов производится в журнале или в виде распечатанного протокола с регистрирующего устройства.

Для сварки газопроводов допускается использовать аппараты с ручным управлением только при обязательном автоматическом поддержании заданной температуры нагревателя.

В подавляющем большинстве моделей с ручным управлением отсутствует автоматический контроль за соблюдением режима сварки и

возможность получить информацию о ее результатах в виде распечатанного протокола;

2) Со средней степенью автоматизации — если в аппарате имеется частично компьютеризированная программа основных параметров сварки, полный компьютеризированный контроль за соблюдением режима сварки по всему циклу, а также регистрация результатов сварки и их последующая выдача в виде распечатанного протокола.

Под компьютеризированным контролем подразумевается протоколирование основных параметров сварки (температуры, давления, продолжительности этапов сварки), которыми управляет оператор;

3) С высокой степенью автоматизации — если в аппарате имеется компьютерная программа основных параметров сварки, компьютерный контроль за их соблюдением в ходе технологического процесса, компьютерное управление процессом сварки и последовательностью этапов технологического процесса в заданном программой режиме (в том числе автоматическое удаление нагревательного инструмента), регистрацию результатов сварки и последующую выдачу информации в виде распечатанного протокола на каждый стык по окончании процесса сварки.

В таблице 5 приведено сравнение функций сварочных аппаратов в зависимости от степени автоматизации.

Таблица 5 - Режим выполнения операций в зависимости от степени автоматизации

| Виды операций при сварке встык НИ               | Степень автоматизации оборудования |     |      |     |
|---|------------------------------------|-----|------|-----|
|   | СР                                 | ССА | ССА* | СВА |
| Установка температуры НИ                        | Руч                                | Руч | Авт  | Авт |
| Поддержание заданной температуры НИ             | Авт                                | Авт | Авт  | Авт |
| Измерение давления холостого хода (перемещения) | Руч                                | Руч | Авт  | Авт |
| Установка давления при торцевании               | Руч                                | Руч | Авт  | Авт |
| Установка давления оплавления                   | Руч                                | Руч | Авт  | Авт |
| Контроль установленного давления                | -                                  | +   | +    | +   |

| Время оплавления (образования первичного грата)                          | Руч | Руч | Авт/полуавт. | Авт/полуавт. |
|--|-----|-----|--------------|--------------|
| Контроль времени оплавления  | -   | +   | +            | +            |
| Установка давления нагрева   | Руч | Руч | Авт          | Авт          |
| Контроль установленного давления   | -   | +   | +            | +            |
| Разведение – сведение зажимов центратора при технологической паузе       | Руч | Руч | Авт          | Авт          |
| Автоматическое удаление НИ   | -   | -   | -            | +            |
| Контроль длительности технологической паузы                              | -   | +   | +            | +            |
| Установка давления осадки  | Руч | Руч | Авт          | Авт          |
| Контроль времени нарастания давления                                     | -   | +   | +            | +            |
| Поддержание давления остывания на необходимом уровне                     | Руч | Руч | Авт          | Авт          |
| Контроль давления остывания  | -   | +   | +            | +            |
| * Аппарат с блоком управления CNC (ЧПУ) без автоматического удаления НИ. |     |     |              |              |

У аппаратов СВА, помимо функций аппаратов ССА, имеются следующие возможности:

- есть исходная информация о параметрах сварки в зависимости от вида и марки полимера, геометрии труб, температуры нагревателя, окружающего воздуха;
- аппарат может сам рассчитать параметры сварки;
- аппарат сам управляет процессом сварки.

В функции сварщика входит только осуществление подготовительных операций и контроль за работой сварочного аппарата.

Проанализировав все возможности аппаратов в зависимости от степени автоматизации, принимаем к использованию аппараты с высокой степенью автоматизации - СВА.

Режимы сварки встык закладываются в блок управления аппаратов СВА производителем. Обычно эти режимы одинаковы для аппаратов одного



типоразмера с разной степенью автоматизации одного производителя. Однако трубы, одинаковые по материалу изготовления, диаметру и толщине стенки, на аппаратах разных производителей могут свариваться в разных режимах [11].

Пример используемого режима сварки встык НИ полиэтиленовых труб приведен в таблице 4.

### 3.3 Выбор основного оборудования

Конструктивно аппараты для сварки встык, независимо от производителя конкретного оборудования, состоят из следующих основных частей (рисунок 10).

Центратор (рисунок 10) — станина с четырьмя металлическими захватами (хомутами) для зажима свариваемых труб и соединительных деталей. Два из них подвижно (подвижный суппорт) и два неподвижно укреплены на направляющих — стальных штангах.



Рисунок 10 - Общий вид сварочного аппарата СВА

В аппаратах, используемых для строительства трубопроводов, подвижный суппорт приводится в движение гидросистемой. В соответствии с видом свариваемых элементов (труба/труба, труба/деталь и т. п.) в некоторых аппаратах расстояние между подвижными зажимами может регулироваться при помощи двух боковых гребенок со стопорными отверстиями или же второй подвижный зажим может сниматься.

Редукционные вкладыши (полукольца) — съемные детали, обеспечивающие надежную фиксацию в зажимах (подвижных и неподвижных) во время сварки труб и/или деталей с диаметром, отличным от максимально допустимого для данной модели аппарата. Вкладыши закрепляются в зажимах изнутри болтами или защелками. Сделаны из алюминиевого сплава, их наружный диаметр соответствует внутреннему диаметру зажимов, а внутренний — наружному диаметру свариваемых труб и/или деталей. Обычный ряд внутренних диаметров вкладышей: 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 500, 630, 710, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм и т. д. соответствует стандартам на свариваемые трубы и детали.

Торцеватель (рубанок) — вращающееся дисковое устройство с одним или несколькими лезвиями (резцами, ножами) с приводом от электромотора для механической обработки (торцевания) концов свариваемых встык труб и соединительных деталей. Контакт между свариваемыми частями труб и торцевателем обеспечивается давлением подвижных зажимов.

Торцеватель состоит из следующих элементов:

- корпус;
- электромотор;
- два вращающихся диска с лезвиями;
- концевой выключатель, срабатывающий при установке торцевателя на станину центратора;
- колесо управления скоростью вращения;
- кнопка включения торцевателя;

- фиксатор кнопки включения.

На торцевателе есть крепление к направляющим аппарата для удержания при работе. Концевой выключатель препятствует вращению дисков торцевателя вне сварочного аппарата.

У большинства торцевателей лезвия заточены с обеих сторон. Перевернув, можно использовать их вторую режущую кромку. Чтобы не менять геометрию ножей, их не рекомендуется затачивать. После использования торцеватель следует поместить в защитный кожух.

Нагревательный инструмент (нагреватель, НИ) (рисунок 11) — массивный металлический диск со встроенной электрической спиралью, диаметром, превышающим наибольший диаметр свариваемых на данном аппарате труб. Служит для нагрева и оплавления свариваемых поверхностей труб и соединительных деталей. Обе его стороны (зеркала), контактирующие со свариваемыми поверхностями, покрыты специальным тефлоновым покрытием для предотвращения налипания расплава полимера.

Одно из основных требований к НИ — автоматическое поддержание его температуры во время сварки, которая не должна отклоняться от значения, установленного в соответствии с выбранным режимом сварки, более, чем на 10 °С. Для этого нагреватель снабжен встроенным терморегулятором, автоматически ее поддерживающим, и термометром, показывающим эту температуру.



Рисунок 11 - Нагреватель

Гидросистема — оборудование, обеспечивающее постоянный уровень необходимого давления на свариваемых поверхностях с возможностью его точной регулировки на всех стадиях сварочного процесса. Давление в гидросистеме контролируется по встроенному манометру. Перед включением гидросистемы следует убедиться в соответствии источника питания ее электрическим характеристикам.

Блок электропитания — через него осуществляется подача питающего напряжения на составные части аппарата, обычно 220 или 380 В. В блок встроены электрические разъемы для подключения различных потребителей, терморегулятор нагревателя и выключатель для защиты аппарата и пользователя. При подключении блока к источнику питания следует убедиться в соответствии источника электрическим характеристикам самого блока, а также в том, что верхняя крышка блока закрыта.

Электронный блок контроля (управления) и регистрации — оборудование, осуществляющее для аппаратов высокой степени

автоматизации функции регистрации, контроля и управления параметрами сварки.

Для качественной сварки очень важно стабильное электропитание соответствующего напряжения сварочного аппарата и другого используемого оборудования. Наиболее надежным источником электроэнергии для сварочных работ является автономный электрогенератор, обычно на основе двигателя внутреннего сгорания или дизельного мотора.

Мощность электрогенератора должна превосходить суммарную мощность сварочного и вспомогательного электрооборудования примерно на 15–20%. Во время сварки не рекомендуется подключать к электрогенератору какое-либо дополнительное оборудование. При использовании удлинителя для подключения сварочного аппарата параметры удлинителя (сечение проводов, электрическое сопротивление, состояние изоляции и т. п.) должны обеспечивать безопасную передачу достаточной электрической мощности от электрогенератора. Эксплуатация и техническое обслуживание электрогенератора (заправка топливом, маслом, проверка и т. п.) должны производиться согласно инструкциям производителя.

На основании исходных данных и требований полученных в ходе исследования, выбираем сварочный аппарат типа НИ, марка "Пилотфюз 250", изготовитель Сорон, Франция.

Особенности выбранного сварочного аппарата:

- блок управления и протоколирования CNC «Барбара ПИЛОТФЮЗ» объединен с гидрогруппой в одном корпусе и управляет всем процессом сварки в заданном программой режиме;
- блок «Барбара ПИЛОТФЮЗ» управляет гидравлическим приводом центратора, задает и контролирует температуру нагревательного элемента;
- протоколирование процесса сварки;
- распечатка протоколов сварки на принтер или перенос на ПК;
- USB-порт;
- устройство автоматического выброса нагревательного элемента.

Технические параметры приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические параметры "Пилотфюз 250"

| Степень автоматизации             | Высокая степень автоматизации         |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Мин. диаметр свариваемых труб     | 63 мм                                 |
| Макс. диаметр свариваемых труб    | 250 мм                                |
| Напряжение питания                | 230 В                                 |
| Суммарная мощность                | 3,7 кВт                               |
| Вес станины                       | 52 кг                                 |
| Площадь сечения цилиндра          | 5,88 кв.см.                           |
| Мощность гидрогруппы              | 0,8 кВт                               |
| Вес гидрогруппы                   | 42 кг                                 |
| Макс. давление гидрогруппы        | 160 бар                               |
| Мощность нагревательного элемента | 2.1 кВт                               |
| Вес нагревательного элемента      | 12 кг                                 |
| Мощность торцевателя              | 0.8 кВт                               |
| Вес торцевателя                   | 14 кг                                 |
| Вес суппорта                      | 12 кг                                 |
| Частота                           | 50/60 Гц                              |
| Общий вес                         | 132 кг                                |
| Вариант источника питания         | Бензиновый генератор<br>Plutonelec 60 |
| Транспортировочные габариты       | 1200x800x850 мм                       |

### 3.4 Выбор оснастки

Помимо основного сварочного оборудования при сварке НИ используются и дополнительные инструменты и приспособления.

Секаторы, гильотины, роторные электрические пилы и другие инструменты используемые для резки свариваемых труб.

Струбцины, скругляющие накладки или деовализаторы различных конструкций используют для устранения недопустимой овальности труб перед сваркой (рисунок 12).

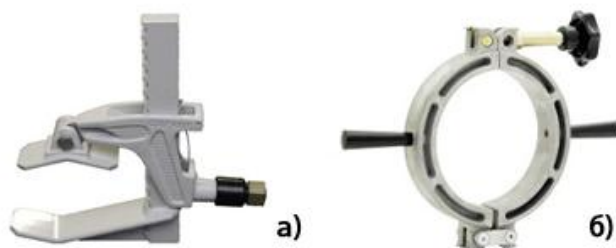


Рисунок 12 - Инструменты для устранения недопустимой овальности

Для исправления кривизны труб, смотанных с бухты или барабана, используют гидравлические выпрямители. (рисунок 13).



Рисунок 13 - Гидравлический выпрямитель

Опорные ролики (роликовые опоры) различных конструкций (рисунок 14) — приспособление для опоры двигающейся полимерной трубы с целью уменьшения трения трубы при движении подвижных зажимов, нагрузки на гидросистему в процессе сварки и повышения к. п. д. сварочного аппарата.



Рисунок 14 - Опорные ролики

Гратосниматель (рисунок 15) — устройство для снятия сварочного грата с внутренней или наружной поверхности сваренных труб (по требованию заказчика или в соответствии с используемой технологией монтажа).



Рисунок 15 - Гратосниматель

В случае необходимости протокол сварки может быть распечатан из памяти блока управления (для СВА) прямо на месте проведения работ с помощью портативного принтера.

Для целей контроля необходимы следующие измерительные инструменты:

- для проведения входного контроля: измерительная рулетка, толщиномер;
- для измерения зазоров в стыке после торцевания: лепестковый щуп;
- для измерения размеров грата: штангенциркуль и/или набор контрольных шаблонов, изготовленных согласно требований НД.

Для маркировки стыков необходим несмываемый водой маркер или металлическое клеймо.

Для обезжиривания и очистки зеркала нагревателя и торцов труб — одноразовые салфетки или чистый хлопчатобумажный лоскут и обезжириватель.



### 3.5 Выбор методов контроля, регламент, оборудование

Для оценки качества полученных сварных соединений необходимо провести следующие методы испытаний согласно требованиям СП 42-103-2003 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов» [5]: визуальный, измерительный, ультразвуковой контроль, испытание на растяжение.

Визуальный и измерительный контроль. Внешний вид соединений, выполненных сваркой встык НИ, должен отвечать следующим требованиям:

- валики грата должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;
- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% от толщины стенки трубы (детали);
- линия сплавления наружных поверхностей валиков грата не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);
- угол излома сваренных труб или трубы и детали не должен превышать  $5^{\circ}$ ;
- грат должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;
- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3–0,7 в любой точке шва.

Размеры валиков грата швов зависят от толщины стенки свариваемых труб (деталей) и должны соответствовать данным таблицы 7.

Таблица 7 - Допустимые размеры наружного грата

| Параметры<br>грата, мм | SDR, Dн и толщина стенки (мм) свариваемых труб |
|------------------------|--|
|                        | SDR11<br>250x22,7                              |
| Высота                 | 4,5–7,5  |
| Ширина                 | 16,5–23,5                                      |

Определение размеров грата производится непосредственно на месте строительства. Отдельные наружные повреждения грата (срезы, сколы, вдавленности от клеймения стыка) протяженностью менее 20 мм, не затрагивающие основного материала трубы, считать браком не следует.

Ультразвуковой контроль. Ультразвуковой контроль сварных стыковых соединений осуществляют в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах, а также в соответствии с требованиями [18].

При проведении ультразвукового контроля следует применять:

- ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы общего назначения отечественного или зарубежного производства, рассчитанные на рабочую частоту ультразвука в диапазоне от 1 до 5 МГц или специализированные дефектоскопы;
- пьезоэлектрические преобразователи на рабочую частоту в диапазоне от 1 до 5 МГц, работающие по совмещенной, отдельно совмещенной, отдельной или комбинированной схемам.

Применяемое для проведения ультразвукового контроля оборудование должно быть сертифицировано в установленном порядке и одобрено Госгортехнадзором России.

Ультразвуковой контроль сварного стыкового соединения должен проводиться при температуре околошовной зоны стыка не выше 30 °С.

Перед проведением контроля околошовные поверхности сварного стыкового соединения тщательно очищаются от грязи, снега и т.п. Ширина зоны очистки определяется конструкцией применяемых пьезоэлектрических преобразователей и технологией контроля.

Подготовленные для ультразвукового контроля поверхности непосредственно перед проведением прозвучивания стыкового соединения покрываются слоем контактирующей жидкости. В качестве контактирующей жидкости в зависимости от температуры окружающего воздуха следует применять: при положительных температурах - специальные водорастворимые гели типа "Ультрагель", обойный клей, глицерин, при

отрицательных температурах окружающего воздуха - моторные масла, разведенные до необходимой концентрации дизельным топливом. При применении глицерина и моторных масел поверхность трубы после проведения ультразвукового контроля должна быть очищена и обезжирена [18].

Контроль качества стыкового соединения проводят на двух уровнях чувствительности - браковочном и поисковом. Поисковая чувствительность отличается от браковочной на 6 дБ.

Настройку чувствительности контроля осуществляют при температуре, соответствующей температуре окружающего воздуха в месте проведения контроля.

Оценка качества стыковых сварных соединений полиэтиленовых газопроводов производится по альтернативному признаку - "годен" или "не годен".

Сварное стыковое соединение считается "не годным", если в нем обнаружены:

- дефекты, амплитуда отраженного сигнала от которых превышает амплитуду сигнала от эталонного отражателя в СОП на браковочном уровне чувствительности;
- дефекты, амплитуда отраженного сигнала которых превышает амплитуду сигнала, отраженного от эталонного отражателя в СОП на поисковом уровне чувствительности, если условная протяженность дефекта или количество дефектов превышают нормативные значения.

Критерии оценки качества группы дефектов представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Критерии оценки качества группы дефектов

| Критерии оценки качества                              | Условное обозначение труб SDR 11 225×20,5        |  |
|---|--|--|
|   | Несплавления, цепочки и скопления пор, включений | Поры, механические включения (примеси) |
| Максимально допустимая площадь, мм <sup>2</sup>       | 8,68   | 8,68                                   |
| Диаметр плоскодонного отверстия, мм                   | 3,4  | 3,4                                    |
| Условная протяженность дефекта, мм                    | 30   | 15                                     |
| Допустимое количество дефектов на периметре стыка, мм | 3  | 7                                      |

Испытание на растяжение. Для испытаний на осевое растяжение изготавливаются образцы-лопатки типа 2 по ГОСТ 11262-80 по 6 штук с каждого сварного соединения. Испытания проводятся на универсальной разрывной машине UTS-20K при скорости движения захватов 25 мм/мин при комнатной температуре. По результатам испытаний составляется протокол механических испытаний, где тип разрушений выявляется согласно СП 42-103-2003.

Различают три типа разрушения:

- тип I - наблюдается после формирования "шейки" - типичного сужения площади поперечного сечения образца во время растяжения на одной из половин испытываемого образца. Разрушение наступает, как правило, не ранее чем при достижении относительного удлинения более 50% и характеризует высокую пластичность. Линия разрыва проходит по основному материалу и не пересекает плоскость сварки;

- тип II - отмечается при достижении предела текучести в момент начала формирования "шейки". Разрушение наступает при небольших величинах относительного удлинения, как правило, не менее 20 и не более

50% и характеризует низкую пластичность. Линия разрыва пересекает плоскость сварки, но носит вязкий характер;

- тип III - происходит до достижения предела текучести и до начала формирования "шейки". Разрушение наступает при удлинении образца, как правило, не более 20% и характеризует хрупкое разрушение. Линия разрыва проходит точно по плоскости сварки.

### 3.6 Разработка технической документации

Разработка технической документации является обязательным элементом работы любого промышленного предприятия. С момента проектирования до момента ввода в эксплуатацию любой объект, оборудование, машины, устройства обязательно сопровождаются разработкой пакета технической документации.

В данном проекте производятся изменения технологии сборки и сварки магистрального газопровода (выбираются отличные от имеющейся технологии способы сборки, сварки, оборудование, режимы сварки).

Технологический процесс сборки и сварки стыкового соединения труб приведен в приложении А, приложении Б.

Сварной стык представлен в приложении В.

## 4 Проектирование участка сборки-сварки

### 4.1 Состав сборочно-сварочной площадки

Сборочно-сварочная площадка состоит из зоны контроля качества сварного соединения, сварочного аппарата "Пилотфюз 250" в полной комплектации, АРОК (агрегат ремонта и обслуживания станков-качалок с краном-манипулятором).

План участка приведен в приложении Г.

### 4.2 Пространственное положение производственного процесса

Строительная полоса сооружения магистрального трубопровода представляет собой линейно-протяженную строительную площадку, в пределах которой выполняется весь комплекс строительства трубопровода.

### 4.3 Определение количества необходимого оборудования

В процессе сооружения трубопровода потребуется:

- 1 единица техники АРОК (агрегат ремонта и обслуживания станков-качалок с краном-манипулятором). Он необходим для установки краном-манипулятором труб в позиционер;
- 1 единица сварочный аппарат "Пилотфюз 250" в полной комплектации;

- по 1 единице инструментов и приспособлений указанных в п.3.4 данного проекта.

#### 4.4 Определение состава и численности рабочих

Численность/состав одной сварочно-монтажной бригады на объекте составляет:

- |                            |        |
|----------------------------|--------|
| - мастер 2-го уровня НАКС  | 1 чел; |
| - сварщик 1-го уровня НАКС | 2 чел; |
| - водитель 5-го разряда    | 1 чел. |

## 5 Финансовый менеджмент

В предлагаемом технологическом процессе изготовления кольцевых стыковых соединений труб в качестве способа сварки предложена сварка НИ. Для сварки НИ принято следующее оборудование: сварочный аппарат "Пилотфюз 250" в полной комплектации в количестве 1 шт.

Проведем технико-экономический анализ предлагаемого технологического процесса изготовления кольцевых стыковых соединений труб. Расчеты будем проводить для трубы диаметром 225 мм, толщиной стенки 20,5 мм. Длина сварного шва одного стыка 0,706 м. Расчетный производственный цикл сварки и контроля включает 1 этап (единица изделия): изготовление одного стыка труб.

### 5.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют как сумму следующих расходов:

$$K = K_o + K_m + K_p + K_{п.о.} + K_{зд},$$

где  $K_o$  – стоимость основного сварочного оборудования;

$K_m$  – стоимость механического и вспомогательного оборудования;

$K_p$  – стоимость приспособлений;

$K_{п.о.}$  – стоимость подъемно-транспортного оборудования;

$K_{зд}$  – стоимость части здания, приходящегося на оборудование и приспособления.

Капитальные вложения в сварочное оборудование определяем по формуле [21]:



$$K_0 = \sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot O_i \cdot \mu_{0i}$$

где  $C_{0i}$  - оптовая цена единицы оборудования  $i$ -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

$O_i$  - количество оборудования  $i$ -го типоразмера, ед.;

$\mu_{0i}$  - коэффициент загрузки оборудования  $i$ -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2021 (смотри таблицу 9).

Таблица 9 - Оптовые цены на сварочное оборудование [ ]

| Наименование оборудования | Ц <sub>0</sub> , руб |
|---------------------------|----------------------|
| Пилотфюз 250              | 1495000              |
| Итого                     | 1495000              |

Капитальные вложения в сварочное оборудование приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Капитальные вложения в сварочное оборудование [ ]

| Наименование оборудования | Ц <sub>0</sub> , руб |
|---------------------------|----------------------|
| Пилотфюз 250              | 1240850              |
| Итого                     | 1240850              |

Капитальные вложения в механическое и вспомогательное оборудование найдем по формуле [ ]:

$$K_M = \sum_{j=1}^m C_{Mj} \cdot P_j \cdot \mu_{Пj}$$

где  $C_{Mj}$  - оптовая цена единицы механического и вспомогательного оборудования  $j$ -го типоразмера, руб.;

$P_j$  - количество механического и вспомогательного оборудования  $j$ -го типоразмера, ед.;

$\mu_{Пj}$  - коэффициент загрузки  $j$ -го п механического и вспомогательного оборудования.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2021 (смотри таблицу 11).

Таблица 11 - Оптовые цены на механическое и вспомогательное оборудование

| Наименование оборудования            | Ц <sub>0</sub> , руб |
|--------------------------------------|----------------------|
| Гильотина для ПЭ труб Virax 2        | 96034                |
| Механическая скругляющая<br>накладка | 24600                |
| Итого                                | 120634               |

Капитальные вложения в механическое и вспомогательное оборудование приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Капитальные вложения в механическое и вспомогательное оборудование

| Наименование оборудования            | Ц <sub>0</sub> , руб |
|--------------------------------------|----------------------|
| Гильотина для ПЭ труб Virax 2        | 79708                |
| Механическая скругляющая<br>накладка | 20418                |
| Итого                                | 100126               |

Капитальные вложения в приспособления учитываться не будут, так как все необходимы приспособления входят в комплектацию Пилотфюз 250.

Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование определяем по формуле [21]:

$$K_{\text{п.о}} = \sum_{k=1}^n C_{\text{п.о}k} \cdot O_k \cdot \mu_{\text{п.о}k}$$

где  $C_{\text{п.о}k}$  - оптовая цена единицы подъемно-транспортного оборудования k-го типоразмера, руб.;

$O_k$  - количество подъемно-транспортного оборудования k-го типоразмера, ед.;

$\mu_{п.ок}$  - коэффициент загрузки k-го подъемно-транспортного оборудования оборудования.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2021 (смотри таблицу 5.5).

Таблица 13 - Оптовые цены на подъемно-транспортное оборудование

| Наименование оборудования | Ц <sub>0</sub> , руб |
|---------------------------|----------------------|
| АРОК                      | 4600000              |
| Итого                     | 4600000              |

Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование приведены в таблице 5.6.

Таблица 14 - Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование

| Наименование оборудования | Ц <sub>0</sub> , руб |
|---------------------------|----------------------|
| АРОК                      | 3818000              |
| Итого                     | 3818000              |

Используя данные представленные в таблицах 10 , 12, 14 определим затраты на капитальные вложения, результаты приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Капитальные затраты

| Наименование капитальных вложений                                  | Итого, руб |
|--|------------|
| Капитальные вложения в сварочное оборудование                      | 1240850    |
| Капитальные вложения в механическое и вспомогательное оборудование | 100126     |
| Капитальные вложения в подъемно-транспортное оборудование          | 3818000    |
| Итого  | 5158976    |

## 5.2 Определение трудоемкости работ

Определим нормы времени для стыковой сварки полимерных труб.

Время на проведение мероприятия включает в себя все этапы стыковой сварки, погрузку-разгрузку оборудования и перевоз оборудования на место следующего стыка.

Количество необходимых секций рассчитывается по формуле:

$$K = L_{\text{общ}} / L_{\text{сект}}$$

где:  $L_{\text{общ}}$  - длина всего трубопровода, м;

$L_{\text{сект}}$  - длина одной секции трубопровода, м;

$$K = 1000 / 13 = 77,9;$$

Так как количество необходимых секций должно быть целым числом, то получившийся ответ округляем в большую сторону до целого числа.

Следовательно, применяем число  $N = 78$ .

Время нагрева и плавления полиэтиленовых труб рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{плав}} = S \cdot 10 = 20,5 \cdot 10 = 205 \text{ сек};$$

где  $S$  – толщина стенки трубопровода, мм.

Согласно справочнику «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е9 [18], время на выполнение мероприятия представлено в таблице 5.8.

Таблица 16 - Время на выполнение мероприятия при сооружении трубопровода с применением стыковой сварки

| № п/п | Операция   | Время,<br>мин | Общее<br>время, мин     |
|-------|--|---------------|-------------------------|
| 1     | Разгрузка оборудования   | 10            | 780                     |
| 2     | Подключение гидравлического привода к сети и установка к нему центратора | 4             | 312                     |
| 3     | Подключение торцевателя и нагревательного элемента к сети                | 4             | 312                     |
| 4     | Проверка овальности труб, соответствия SDR и толщины стенок              | 2             | 156                     |
| 5     | Установка труб в центратор   | 10            | 780                     |
| 6     | Отчистка труб от грязи, песка и воды                                     | 4             | 312                     |
| 7     | Установка торцевателя  | 10            | 780                     |
| 8     | Процесс торцовки труб  | 3             | 234                     |
| 9     | Проверка торцов трубы по величине зазора                                 | 1             | 78                      |
| 10    | Отчистка торцов труб спиртом или специальным обезжиривающим средством    | 4             | 312                     |
| 11    | Установка нагревательного элемента                                       | 2             | 156                     |
| 12    | Плавление и нагрев труб  | 5             | 390                     |
| 13    | Вывод нагревательного элемента   | 0,25          | 19,5                    |
| 14    | Процесс сварки   | 0,3           | 23,4                    |
| 15    | Охлаждение стыка   | 26            | 2028                    |
| 16    | Визуальная оценка сварного шва   | 1             | 78                      |
| 17    | Извлечение сваренных труб из центратора                                  | 10            | 780                     |
| 18    | Отключение оборудования от сети и гидравлического привода                | 8             | 624                     |
| 19    | Погрузка оборудования в транспорт  | 10            | 780                     |
| 20    | Перевоз оборудования на место следующего стыка                           | 5             | 390                     |
|       | Итого:   | 116,05        | 9318,9 мин<br>155 часов |

Время на выполнение мероприятия будет равно:

T=155 часа.

### 5.3 Расчет стоимости выполнения проекта

В техническую себестоимость сварочных работ включаются следующие статьи затрат:

- затраты на сварочные материалы;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на оплату труда;
- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования и производственного помещения.

Технологическая себестоимость сварки встык НИ на 1м сварного шва (руб/м) определяется следующим образом:

$$C_{ш} = C_{м} + C_{э} + C_{з} + C_{об},$$

где  $C_{м}$  – затраты на сварочные материалы;

$C_{э}$  – затраты на электроэнергию;

$C_{з}$  – заработная плата;

$C_{об}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений.

#### 5.3.1 Расчет затрат на сварочные материалы

Принимаем  $C_{м}=0$  руб., так как выбранная технология сварки полиэтиленовых труб НИ не включает в себя использование электродов, защитного газа или флюса.

### 5.3.2 Расчет затрат на электроэнергию

С учетом полевых условий работы, затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{\text{э}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{топ}} \cdot \text{Ц}_{\text{топ}}, \text{ руб.},$$

где  $t_{\text{дг}}$  – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки одного стыка, при нагрузке 70%,  $t_{\text{дг}}=155$  ч;

$M_{\text{топ}}=30$  л/час – расход топлива при нагрузке 70%;

$\text{Ц}_{\text{топ}}=40$  руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{\text{э}} = 155 \cdot 30 \cdot 40 = 186000 \text{ руб.},$$

### 5.3.3 Расчет затрат на заработную плату

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{з}} = t_{\text{к}} \cdot \text{ЧТС} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{д.з.}} \cdot K_{\text{с}}$$

где  $C_{\text{з}}$  – заработная плата, руб/м шва;

$t_{\text{к}}$  – время работ, ч;

ЧТС - часовая тарифная ставка, руб/ч;

$K_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты и премии к тарифной заработной плате, равен 1,4;

$K_{\text{д.з.}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, равен 1,2;

$K_{\text{с}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование, 1,3;

Расчет заработной платы приведен в таблице 5.9.

Таблица 17 - Расчет заработной платы при сооружении трубопровода с применением стыковой сварки НИ

| Профессия | Разряд<br>(уровень) | Количество | ЧТС,<br>руб/час | Время<br>работ, ч | Заработная плата с<br>учетом<br>коэффициентов,<br>руб |
|-----------|---------------------|------------|-----------------|-------------------|---|
| Мастер    | 2                   | 1          | 165             | 155               | 44324   |
| Сварщик   | 1                   | 2          | 125             | 155               | 67158   |
| Водитель  | 5                   | 1          | 104             | 155               | 27937   |
| Итого     |                     |            |                 |                   | 139419  |

#### 5.3.4 Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений включают амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт и обслуживание.

Амортизационные отчисления. Для этого определим затраты связанные с обеспечением работ оборудования.

Годовые амортизационные отчисления зависят от стоимости электросварочного оборудования, стоимости механического и вспомогательного оборудования, стоимости приспособлений и подъемно-транспортного оборудования, и определяются по формуле:

$$A = \frac{K_o}{T_o} + \frac{K_m}{T_m} + \frac{K_n}{T_n} + \frac{K_{n.o}}{T_{n.o}}$$

где  $K_o$  – стоимость основного сварочного оборудования;



$T_o$  – срок службы основного сварочного оборудования

$K_m$  – стоимость механического и вспомогательного оборудования;

$T_m$  – срок службы механического и вспомогательного оборудования;

$K_p$  – стоимость приспособлений;

$T_p$  – срок службы приспособлений;

$K_{п.о.}$  – стоимость подъемно-транспортного оборудования;

$T_{п.о}$  – срок службы подъемно-транспортного оборудования.

Расчет амортизационных отчислений приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет амортизационных отчислений оборудования

| Оборудование                   | Стоимость, руб | Срок службы, лет | Амортизационные отчисления, руб |
|--------------------------------|----------------|------------------|---------------------------------|
| Основное сварочное             | 1240850        | 10               | 124085                          |
| Механическое и вспомогательное | 100126         | 5                | 20025,2                         |
| Приспособления                 | 0              | 5                | 0                               |
| Подъемно-транспортное          | 3818000        | 5                | 763600                          |
| Итого:                         |                |                  | 907710,2                        |

Затраты на текущий ремонт и обслуживание. Стоимость ремонта и обслуживания принимается в размере 3% от стоимости оборудования. Затраты на текущий ремонт дорогостоящего инструмента принимаются в размере 10-20% его балансовой стоимости оборудования.

В расходы на содержание и ремонт помещения входят амортизация, ремонт, отопление, освещение, уборка. Эти расходы составляют 8% балансовой стоимости помещения.

Результаты расчетов по определению технологической себестоимости сводятся в таблицу 19.

Таблица 19 - Технологическая себестоимость

| № п/п | Затраты  | Сумма,руб. |
|-------|--|------------|
| 5.3.1 | Затраты на основной материал   | 2900000    |
| 5.3.2 | Затраты на электроэнергию  | 186000     |
| 5.3.3 | Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование | 139419     |
| 5.3.4 | Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и помещений  | 1529273,2  |
|       | Амортизационные отчисления   | 907710,2   |
|       | Затраты на текущий ремонт и обслуживание   | 621563     |
|       | ИТОГО технологическая себестоимость:   | 4754692,2  |

#### 5.4 Расчет технико-экономической эффективности

Определим себестоимость продукции:

$$C=1 \times (2900000+139419+186000+907710,2+621563)= 4754692,2 \text{ руб/изд.}$$

Определим капитальные вложения:

$$K= 1240850+3818000+ 100126= 5158976 \text{ руб/изд.}$$

Определим количество приведенных затрат:

$$З_{п}^2 = 4754692,2 + 0,15 \times 5158976 = 5528538,6 \text{ руб/изд.}$$

## 5.5 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Техничко-экономические показатели участка

| №<br>пп | Параметр                                      | Значение  |
|---------|---|-----------|
| 1       | Производственная программа, м.                | 1000      |
| 2       | Трудоемкость изготовления одного изделия, час | 155       |
| 3       | Количество оборудования, шт.                  | 1         |
| 4       | Количество производственных рабочих, чел.     | 2         |
| 5       | Норма расхода материала, кг.                  | 13200     |
| 6       | Количество приведенных затрат, руб.изд.       | 5528538,6 |
| 7       | Себестоимость одного изделия, руб.            | 4754692,2 |

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, приспособления; рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, приспособления, так же затраты на основной материал, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования и приспособлений, в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 5158976 руб;
- себестоимость продукции 4754692,2руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 5528538,6руб/изд.

## 6 Социальная ответственность

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями (обязательствами). Это самое распространенное понимание ответственности, и при строгом рассмотрении любые другие виды ответственности являются формой социальной ответственности [23]. При проведении работ по сооружению полиэтиленового трубопровода присутствуют опасные и вредные производственные факторы, которые могут привести к ухудшению состояния здоровья или смерти рабочих, поэтому необходимо предусматривать мероприятия для защиты от них.

### 6.1 Профессиональная социальная безопасность

Для анализа опасных и вредных факторов при сооружении и эксплуатации магистрального трубопровода, а также их систематизации в нормативной документации была составлена таблица 21.

Таблица 21 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по сооружению магистрального трубопровода

| Наименование<br>видов работ  | Факторы<br>(ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)   |  | Нормативные<br>документы   |
|--|--|--|--|
|  | Вредные  | Опасные  |  |
| 1  | 2  | 3  | 4  |
| Земляные работы; Подъем, укладка трубопровода в траншею; Сварочно-монтажные работы; Испытание трубопровода | 1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе;<br>2. Превышение уровня шумов;<br>3. Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне | 1. Электрический ток;<br>2. Пожаро- и взрывоопасность;<br>3. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные). | ГОСТ 12.1.003-83 [22]<br>ГОСТ 12.1.004-91 [23]<br>ГОСТ 12.3.003-86 [24]<br>ГОСТ 12.3.004-75 [25]<br>ГОСТ 12.3.032-84 [26]<br>ГОСТ 12.0.003-2015 [27]<br>ГОСТ 12.1.005-88 [28]<br>ГОСТ 12.1.010-76 [29] |

#### 6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование по их устранению

Вредными производственными факторами называются факторы, отрицательно влияющие на работоспособность или вызывающие профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия [27].

##### 1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Климат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру,

влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления. При выполнении работ по сооружению полиэтиленового трубопровода обслуживающему персоналу приходится работать под воздействием солнечных лучей, сильном ветре, при атмосферных осадках, в условиях высоких температур (до плюс 40 °С).

Профилактика перегрева осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом. От перегрева головного мозга предусматривают головные уборы, средства индивидуальной защиты.

Так как работы по сооружению магистрального трубопровода проводятся в летнее время, то для безопасного проведения работ рабочих необходимо обеспечить соответствующими средствами индивидуальной защиты, в которые входят: комплект огнеупорной одежды (комбинезон, куртка), кепка (для снижения вероятности солнечного удара), перчатки, обувь.

В летнее время года преобладает большое количество гнуса и клещей, для защиты от которых всем рабочим должны выдать специальный энцефалитный костюм. Также, для защиты от комаров и других мелких насекомых, рабочих во время производства работ необходимо обеспечить соответствующими распылительными репеллентами.

## 2. Превышение уровня шумов

Действие шума на человека определяется влиянием на слуховой аппарат и многие другие органы, в том числе и на нервную систему. При сооружении магистрального трубопровода с применением стыковой и электромужфтовой сварки используют следующие виды техники: кранманипулятор, Агрегат ремонта станков-качалок "АРОК".

Их работа сопровождается большим количеством шума, который, при длительном воздействии, может принести работнику дискомфорт или вред слуху. В некоторых случаях у работника могут развиваться такие болезни, как:

шумовая болезнь, сердечно-сосудистая недостаточность. Длительное действие шума  $> 85$  дБ в соответствии с нормативными документами СН 2.2.4/2.1.8.582- 96 [30] и ГОСТ 12.1.003-83 [22], приводит к постоянному повышению порога слуха, к повышению кровяного давления.

К основным методам борьбы с шумом можно отнести:

- снижение шума в источнике (применение звукоизолирующих средств);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;
- соблюдение режима труда и отдыха;
- использование средств автоматики для управления технологическими процессами.

### 3. Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне

Перед началом работ в месте нахождения магистрального трубопровода переносным газоанализатором АНТ–2М проверяется уровень загазованности воздушной среды. При этом содержание паров нефти и газов не должно превышать предельно-допустимой концентрации по санитарным нормам согласно таблице 22. Работа разрешается только после устранения опасных условий. В процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае превышения ее предельных значений необходимо приостановить все работы до момента, когда уровень загазованности примет допустимое значение.

Защита органов зрения осуществляется с помощью различных предохранительных очков.

Защита органов дыхания обеспечивается применением различного рода респираторов и противогазов.

Респираторы служат для защиты легких человека от воздействия взвешенной в воздухе пыли, противогазы - для защиты от газов и вредных паров.

В зависимости от содержания кислорода в воздухе применяются следующие противогазы:

— фильтрующие - при содержании кислорода в воздухе свыше 19 %; Обслуживающий персонал установки обеспечивается противогазами с марками коробок БКФ, возможно применение коробок марки «А»;

— шланговые - применяются при содержании кислорода в воздухе менее 20 % при наличии в воздухе больших концентраций вредных газов (свыше 0,5 % об.) [31].

Таблица 22 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны[32].

| Вещества                                     | Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|--|--|-----------------|
| Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> | 300  | 4               |
| Оксид углерода (CO)                          | 20   | 4               |
| Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )             | 2  | 2               |
| Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )              | 10   | 3               |
| Сажа   | 4  | 3               |
| Ацетальдегид                                 | 5  | 3               |
| Органические кислоты                         | 5  | 3               |
| Аэрозоль полиэтилена                         | 10   | 3               |

#### 6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека [27].



## 1. Электрический ток

Электрический ток оказывает следующие воздействия на человека:

- поражение электрическим током;
- пребывание в шоковом состоянии;
- ожоги;
- нервное и расстройство;
- смертельный исход.

Опасность поражения электрическим током существует при сварочных работах. Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82 [33].

Таблица 23 - Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

| Род тока          | $U, В$   | $I, мА$ |
|-------------------|----------|---------|
|                   | не более |         |
| Переменный, 50 Гц | 2,0      | 0,3     |
| Постоянный        | 8,0      | 1,0     |

Таблица 24 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц [30]

| Продолжительность<br>воздействия $t$ , с | Нормируемая<br>величина |          | Продолжительность<br>воздействия $t$ , с | Нормируемая<br>величина |          |
|--|-------------------------|----------|--|-------------------------|----------|
|  | $U$ , В                 | $I$ , мА |  | $U$ , В                 | $I$ , мА |
| От 0,01 до 0,08                          | 220                     | 220      | 0,6                                      | 40                      | 40       |
| 0,1                                      | 200                     | 200      | 0,7                                      | 35                      | 35       |
| 0,2                                      | 100                     | 100      | 0,8                                      | 30                      | 30       |
| 0,3                                      | 70                      | 70       | 0,9                                      | 27                      | 27       |
| 0,4                                      | 55                      | 55       | 1,0                                      | 25                      | 25       |
| 0,5                                      | 50                      | 50       | Св. 1,0                                  | 12                      | 2        |

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях [34]:

— при прикосновении человеком, неизолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпусе;

— при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежат занулению отдельной жилой кабеля с сечением не менее сечения рабочих жил или заземляющий провод диаметром 16 мм<sup>2</sup>.

Корпуса, а также все открытые проводящие части применяемого передвижного электрооборудования должны быть защищены от косвенного прикосновения и т.д. в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.51) [35] путем заземления с помощью переносных заземлителей.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок с глухозаземленной нейтралью для питания напряжением до 1 кВ не должно превышать 4 Ом, а для электроустановок с изолированной нейтралью – 10 Ом, при выполнении условия, указанного в ПУЭ (пункт 1.7.104) [36].

Для этого рассчитывается сопротивление одиночных заземлителей растеканию тока в однородном грунте по формуле [37]:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d},$$

где  $\rho$  – приближенное значение удельного электрического сопротивления грунта: 10...30 Ом·м, принимаем: 20 Ом·м;

$d$  – диаметр стержня: 4,5 см;

$l$  – длина стержня согласно ПУЭ = 0,5...0,7 м, принимаем: 0,6 м.

$$R = \frac{20}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,6} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,6}{0,045} = 21,1 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}.$$

Согласно ГОСТ 12.1.030 [38] сопротивление не должно превышать 25 Ом·м. Полученное сопротивление не превышает нормативного. Для защиты персонала от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.59) [39] передвижное электрооборудование должно быть оборудовано устройством защитного отключения (УЗО).

Защита от электрического тока делится на два типа [40]:

1) коллективная (подразумевает оснащение всех опасных электроприборов специальными предупредительными табличками; оборудование электронными системами защиты; изоляция основных электроопасных узлов; контроль состояния электрических цепей, заземление и зануление приборов, работающих от электричества);

2) индивидуальная (подразумевает использование резиновых перчаток, диэлектрической обуви, изолированных подставок под оборудование и т.д.).

С целью предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током широко используются плакаты и знаки безопасности.

Мероприятия по созданию безопасных условий:

- инструктаж персонала;
- аттестация оборудования;
- соблюдение правил безопасности и требований при работе с электротехникой.

## 2. Пожаро- и взрывоопасность

Причиной пожара, как правило, становится несоблюдение мер пожарной безопасности на месте проведения работ (курение в зоне проведения работ, отсутствие устройств защитного отключения на

переносных электроприборах, короткое замыкание и. т. д.). Помимо этого, причиной пожара может стать природный фактор, например, удар молнии.

К профилактическим мероприятиям по предотвращению возникновения пожара могут быть [41]:

- вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления;

- приказом должен быть установлен соответствующий противопожарный режим;

- машины, сварочные аппараты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10;

- на рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”;

- горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

К первичным средствам пожаротушения, которые должны присутствовать на месте проведения работ, относятся:

- асбестовое полотно размеров 2×2 м – 2 шт.; — огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные;

- ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);

- лопаты – 2 шт.;

- ведра – 2 шт.;

- топор, лом – по 1 шт.

3. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)

При сооружении магистрального трубопровода возможность получения механических травм очень высока. Повреждения могут быть разной тяжести вплоть до летального исхода, так как работа ведется с

объектами большого веса. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

Мероприятия по обеспечению охраны труда, техники безопасности при проведении подготовительных и основных работ – организационные и технические меры по обеспечению безопасности, осуществляемые при подготовке объекта к проведению работ, применяемые средства коллективной и индивидуальной защиты, режим проведения работ, работы по оборудованию мест отдыха, приема пищи и санитарно – гигиенических норм.

До начала работ необходимо [42]:

1) оформить наряд – допуск на проведение газоопасных, огневых работ и работ повышенной опасности.

2) провести внеочередной инструктаж всем членам бригады по безопасным методам и приёмам ведения газоопасных, огневых работ и работ повышенной опасности, а также по правилам поведения во взрыво- и пожароопасной обстановке и других опасных условиях и обстоятельствах с росписью в Журнале инструктажей на рабочем месте и наряде-допуске. Ознакомить всех руководителей, специалистов, механизаторов и бригадиров с данным Планом производства работ до начала работ, выборочно опросить персонал по усвоению требований безопасности отраженных в разделе;

3) до начала работ установить наличие и обозначить знаками расположение всех коммуникаций в радиусе проведения работ;

4) после доставки и расстановки всё электрооборудование, жилые вагоны, электрические аппараты следует заземлить;

5) проверить взрывозащиту и изоляцию оборудования.

На весь период работ необходимо:

1) в зоне производства работ организовать места для приема пищи, отдыха и санитарно – гигиенические зоны. Жилой городок расположить на расстоянии не менее 100 м от места производства работ;

2) всю гусеничную технику, используемую при производстве работ, оборудовать устройствами, предохраняющими от бокового скольжения;

3) проверить наличие спецодежды, спецобуви и СИЗ у исполнителей по видам работ (костюм х/б, костюм сварщика, противогаз шланговый, страховочный пояс, страховочная веревка, защитная каска и т.д.)

## 6.2 Экологическая безопасность

При выполнении работ по сооружению магистрального трубопровода необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы, СНиП 12-01-2004 [43] и другими нормативными документами.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

— оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту; — заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, сточных вод образующихся в процессе производства работ;

— оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

При организации работ по сооружению магистрального трубопровода необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

Виды воздействий на природную среду в период сооружения магистрального трубопровода:

— загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;

— выбросы при производстве сварочных работ;

— образование и размещение отходов, образующихся при сооружении магистрального трубопровода.

Перед началом работ необходимо обеспечить наличие отвода земельного участка. С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли.

Для снижения воздействия на поверхность земель предусмотрены следующие мероприятия:

— своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;

— запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительно-монтажных средств;

— применение строительных материалов, имеющих сертификат качества;

— выполнение работ, связанных с повышенной пожароопасностью, специалистами соответствующей квалификации.

Загрязнение атмосферы в период производства работ носит временный обратимый характер.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли, определенной проектом.

Проведение работ по сооружению магистрального трубопровода, движение машин и механизмов, складирование и хранение материалов в местах, не предусмотренных проектом, запрещается.

Загрязнение атмосферного воздуха в период сооружения магистрального трубопровода происходит за счет неорганизованных выбросов и является кратковременным. Неорганизованные выбросы являются неизбежными. Организованные выбросы в период проведения работ по сооружению магистрального трубопровода отсутствуют.

К загрязняющим веществам относятся продукты неполного сгорания топлива в двигателях строительных машин и механизмов, вещества, выделяющиеся при сварке листов, выполнении земляных работ и при доставке строительных материалов.

Источниками неорганизованных выбросов являются:

- автотранспорт при перевозке строительных материалов;
- работающие строительные машины и механизмы;
- сварочные работы.

Таблица 25 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны [43]

| Вещества                                     | Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|--|--|-----------------|
| Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> | 300  | 4               |
| Оксид углерода (CO)                          | 20   | 4               |
| Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )             | 2  | 2               |
| Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )              | 10   | 3               |
| Сажа   | 4  | 3               |
| Ацетальдегид                                 | 5  | 3               |
| Органические кислоты                         | 5  | 3               |
| Аэрозоль полиэтилена                         | 10   | 3               |



### 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обеспечении пожарной безопасности работ по сооружению магистрального трубопровода следует руководствоваться ППБ 01-03 [44], РД13.220.00-КТН-367-06 [41] и другими утвержденными нормативными документами, регламентирующими требования пожарной безопасности.

Места, где проводятся сварочные работы, должны быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения [45]:

- асбестовое полотно размеров 2×2 м – 2 шт.;
- огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные;
- ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);
- лопаты – 2 шт.; → ведра – 2 шт.; → топор, лом – по 1 шт.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Машины, сварочные аппараты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10.

Приказом устанавливается соответствующий противопожарный режим, в котором должно быть установлены:

- порядок утилизации горючих отходов, места хранения промасленной спецодежды;
- порядок отключения от питания электрооборудования в случае пожара;

— последовательность проведения огневых и пожароопасных работ, действия и обязанности работников при возникновении пожара;

— порядок и сроки прохождения внеочередного противопожарного инструктажа, время проведения занятий по подготовке к борьбе с пожаром, а также назначены ответственные за их проведение.

Руководитель работ должен совместно с работниками пожарной охраны определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

Горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неустановленными показателями их пожаровзрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

Спецодежда лиц, работающих с маслами, лаками, красками должна храниться в подвешенном виде в металлических шкафах, установленных в специально отведенных для этой цели местах.

При работе категорически запрещается курить на рабочем месте.

На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения (УЗО).

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью выше 10 м/с.

Запрещается проведение сварочно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в грозу.

#### 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Компании, связывающие свою деятельность с транспортом газа, должны обеспечивать своих работников всеми необходимыми материальными и социальными благами в соответствии с трудовым кодексом РФ №197-ФЗ [44].

Магистральные трубопроводы являются опасными производственными объектами, поэтому при их сооружении и эксплуатации организации должны следовать Федеральному закону от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [47].

## Заключение

В представленном дипломном проекте разработана технология сборки и сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб диаметром 225 мм.

Проведен анализ литературы по полиэтиленовым трубам, определены требования и методы проектирования магистральных газопроводов из полиэтилена, обоснованно выбран способ сварки, режим, оборудование, методы контроля, определено необходимое количество сборочно-сварочных приспособлений, спланирован участок сборки-сварки магистрального газопровода из полиэтиленовых труб, разработана технологическая карта сварки.

Для сборки и сварки магистрального газопровода выбрана сварка встык нагретым инструментом. В качестве оборудования сварочный аппарат типа НИ, марка "Пилотфюз 250", изготовитель Сорон, Франция.

### Список используемых источников

1. Абрамов В.В. // Полимерные материалы. - 2003. - №8. - С. 1-6;2003. - №9. - С.10-12.
2. Удовенко В.Е. // Полиэтиленовые трубопроводы это просто: справочное пособие. - Москва: Полимергаз, 2012. - 416 с.
3. Гвоздеев И.В. // Полимергаз. - 2001. - №1. С. 19-21.
4. Бухин В.Е. // Трубопроводы и экология. - 2004. - №3. - С. 2.
5. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. СП 42-103-2003. – М.: ДЕАН, 2005. – 218 с.
6. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. СП 41-107-2004. – М.: ДЕАН, 2005. – 32 с.
7. Опыт строительства и реконструкции подземных газопроводов на основе использования полиэтиленовых труб. – М.: НТЦ "КВАН", 2004. – 324 с.
8. Свод правил. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. – М.: ДЕАН, 2011. – 352 с.
9. ГОСТ Р 58121.2-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива.
10. РД 03-615-03 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов.
11. Македонский С.Г., Зуев М.А., Сварка полимерных труб встык нагретым инструментом -М. 2019. - 60 с.
12. СП 40 - 102 - 2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов.

13. СП 42-101-2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.

14. ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

15. РД 03-615-03 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов.

16. Македонский С.Г., Зуев М.А., Сварка полимерных труб деталями с закладными нагревателями -М. 2019. - 33 с.

17. ГОСТ Р 55276- 2012 Трубы и фитинги пластмассовые. Процедуры сварки нагретым инструментом в стык полиэтиленовых (ПЭ) труб и фитингов, используемых для строительства газо- и водопроводных распределительных систем.

18. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов.

19. Manuale del tecnico per la saldatura di tubi e raccordi in polietilene. L'Atelier, 2002.

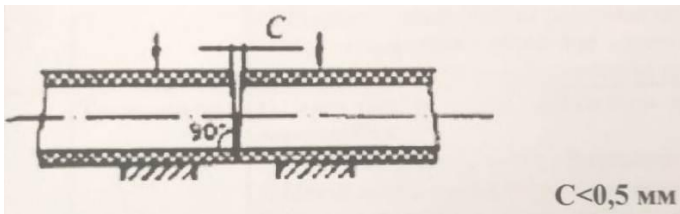
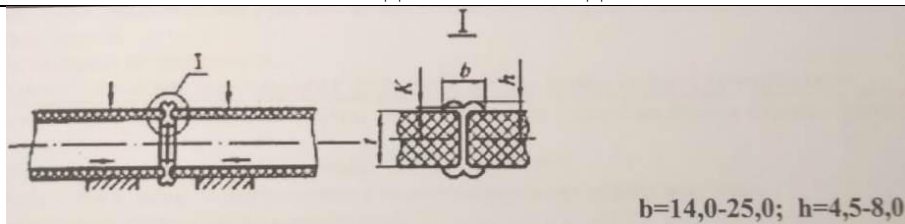
20. L.-E. Janson. Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal. Stockholm, Borealis, 2003.

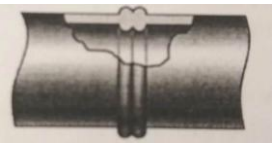
21. DVS 2207 Welding of Thermoplastics (Сварка термопластов).

## Технологическая карта процесса сварки КСС

Шифр технологической карты сварки КСС: НИ-61-22СБ/С1

Шифр операционно-технологической карты сварки производственных соединений: ТК-НИ(ГО)-ПЭ-225/2021

|  |   |  |                         |  |
|--|---|--|-------------------------|--|
| 1  | Способ сварки: НИ-сварка нагретым инструментом    | <div>- завод изготовитель:<br/>- номер сертификата<br/>- диаметр трубы - 225 мм<br/>- толщина стенки 20,5<br/>SDR - 11<br/>Ф.И.О. сварщика:<br/>Клеймо сварщика:</div> |                         |  |
|  | НТД по сварке: СП 42-103-2003                     |  |                         |  |
|  | Основной материал: полиэтилен ПЭ100               |  |                         |  |
|  | Сварочное оборудование: СВА                       |  |                         |  |
|  | Вид соединения: стыковое                          |  |                         |  |
|  | Характеристика труб: ПВП/ГОСТ Р 58121-2-18        |  |                         |  |
| Таблица 1: Параметры подготовки, сборки стыка под сварку и параметры готового сварного шва |   |  |                         |  |
| Конструкция соединения   |   | Внешний вид готового соединения  |                         |  |
|           |   |   |                         |  |
| Температура нагревателя (Тн), °С   | ПЭ 100  |  |                         |  |
|  | 220   |  |                         |  |
|  | от 0 до -15 град. -220                            |  | от 0 до +45 град. - 210 |  |
| Удельное давление при оплавлении (Ропл), МПа   | 0,2±0,02МПа                                       |  |                         |  |
| Время оплавления (топл), с   | До образования первичного грата высотой: - 2,5 мм |  |                         |  |
| Удельное давление при прогреве (Рпр), МПа  | 0,02±0,01МПа                                      |  |                         |  |
| Время прогрева (tпр), с  | от -15 до 0                                       | от 0 до +20  | от +20 до +45           |  |
|  | 260-250   | 230-225  | 225-210                 |  |
| Время технологической паузы (tn), с  | 5 сек.  |  |                         |  |
| Удельное давление при осадке (Рос), МПа  | 0,2±0,02МПа                                       |  |                         |  |
| Время охлаждения (тохл), мин   | температура окружающего воздуха                   |  |                         |  |
|  | от -15 до 0                                       | от 0 до +20  | от +20 до +45           |  |

|   |   | 16-21   | 18-26 | 20-25 |
|---|---|---|-------|-------|
| 1 |  <p><b>Внешний вид готового соединения</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;</li> <li>- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;</li> <li>- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3-0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах 0,2-0,8;</li> <li>- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% толщины стенки трубы (детали);</li> <li>- впадина между валиками грата К (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);</li> <li>- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5 °.</li> </ul>  |       |       |
| 2 | <b>Подготовка</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- трубы необходимо тщательно очистить, их полости от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов;</li> <li>- соединяемые концы очистить от всех загрязнений на расстояние не менее 50 мм от торцов;</li> <li>- концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа на расстояние - не менее 15 мм;</li> <li>- очистку производят сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой;</li> <li>- если концы труб и деталей (вследствие небрежного хранения) окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, то их обезжиривают с помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов;</li> <li>- не рекомендуется производить очистку и обезжиривание цветными и синтетическими волокнистыми тканями.</li> </ul>   |       |       |
| 3 | <b>Сборка</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- сборку стыков необходимо производить в условиях надежной защиты от ветра и попадания на стык атмосферных осадков;</li> <li>- концы труб и деталей центрируют по наружной поверхности таким образом, что максимальная величина смещения наружных кромок не превышала 10% толщины стенок труб и деталей;</li> <li>- подгонку труб и деталей при центровке осуществляют поворотом одного из свариваемых концов вокруг их оси, перестановкой опор по длине трубы;</li> <li>- при сварке втык вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет 15-30 мм, а привариваемых деталей - не менее 5-15 мм;</li> <li>- закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке - торцеванию с целью выравнивания свариваемых поверхностей непосредственно в сварочной машине;</li> <li>- после механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается;</li> <li>- удаление стружки из полости трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торца - с помощью ножа.</li> </ul> |       |       |
| 4 | <b>Технология сварки</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Перед началом сварки должно быть проверено качество сборки соединяемых элементов, а также состояние стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей.</li> <li>2) Сварочные работы могут производиться при температуре окружающего воздуха от минус 15 °С до плюс 45 °С.</li> <li>3) Место сварки защищать от атмосферных осадков, ветра, пыли и песка, а в летнее время от интенсивного солнечного излучения.</li> <li>4) Изменение величины параметров во времени в процессе сварки производят по циклограмме.</li> <li>5) Температуру рабочей поверхности нагретого инструмента выбирают в зависимости от свариваемых труб (ПЭ 100).</li> <li>6) Продолжительность оплавления, как правило, не нормируется и зависит от появления первичного грата.</li> <li>7) Оплавление и нагрев торцов свариваемых труб и деталей осуществляют одновременно посредством их контакта с рабочими поверхностями нагретого инструмента.</li> </ol>  |       |       |



|   |                          |  |
|---|--------------------------|--|
|   |                          | <p>8) Оплавление торцов необходимо выполнять при давлении Роп в течении времени топ, достаточно для образования по всему периметру контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала (первичного грата).</p> <p>9) После появления первичного грата давление необходимо снижать до Рн и торцы нагревать в течение времени tn, которое зависит от сортамента ( толщины стенки) труб и деталей, температуры окружающего воздуха То.</p> <p>10) Допускается давление Рн снижать до минимума при сохранении постоянства контакта торцов труб (деталей) с нагретым инструментом.</p> <p>11) Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента, должна быть минимальной.</p> <p>12) После удаления нагретого инструмента торцы труб и деталей сводят и производят осадку стыка при давлении Рос.</p> <p>13) Осадку стыка необходимо осуществлять плавным увеличением давления до заданного уровня.</p> <p>14) Охлаждение стыка необходимо производить под давлением осадки в течение времени тохл.</p> <p>15) При сварке нагретым инструментом рабочие поверхности нагревателя покрывают антиадгезионным слоем, препятствующим налипанию расплава на инструмент.</p> <p>16) Маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым карандашом-маркером яркого цвета (например, белого или желтого - для черных труб, черного и голубого - для желтых труб).</p> <p>17) Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб.</p> <p>18) Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центратора в двух диаметрально противоположных точках.</p> |
| 5 | <b>Контроль качества</b> | <p><b>Перед сваркой следует контролировать:</b><br/>         Качество поверхности стыкуемых труб, размеры конструктивных элементов подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор и смещение кромок, перелом осей.</p> <p><b>В процессе сварки контролю подлежат:</b><br/>         Температура деталей и окружающего воздуха, порядок сварки соединения, технологические параметры процесса сварки.</p> <p><b>После сварки контролю подлежат:</b><br/>         Отклонение геометрических размеров, клеймение шва, размеры выполненного шва, смещение кромок, перелом осей сваренных элементов, наличие и размеры поверхностных дефектов в сварных швах.</p>   |

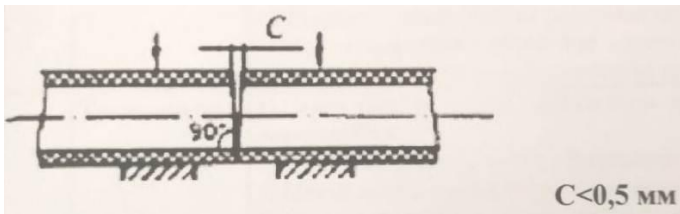
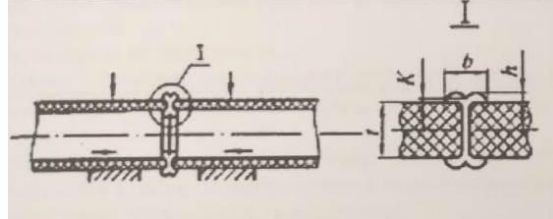
|   | Метод контроля<br>(вид испытаний) | НД на методику контроля (испытаний)         | НД на оценку качества или конкретные<br>количественные нормы качества | Объем контроля<br>(%, кол-во образцов) |
|---|-----------------------------------|---|---|--|
| 1 | <b>Визуально-измерительный</b>    | СП 42-103-2003 (приложение Н)               | СП 42-103-2003, п.п.8.10-8.15   | 100%                                   |
| 2 | <b>Ультразвуковой контроль</b>    | СП 42-103-2003 (приложение Р, приложение С) | СП 42-103-2003, п.п.8.21  | 100%                                   |
| 3 | <b>Испытание на растяжение</b>    | СП 42-103-2003 (приложение П)               | СП 42-103-2003, п.п.8.18  | ≥5 образцов                            |

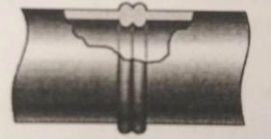
|  |  |
|--|--|
| <b>Место сварки КСС</b>                |  |
| <b>Дата сварки</b>                     |  |
| <b>Ф.И.О. сварщика № удостоверения</b> |  |
| <b>Клеймо КСС</b>                      |  |

Соответствие содержания настоящей карты технологического процесса требованиям, изложенным в технологии, представленной на аттестацию, (ПТД по сварке) и выполнение подготовки и сварки КСС в соответствии с требованиями НД и данными, указанными подтверждаем:

**Члены аттестационной комиссии:** \_\_\_\_\_ Ф.И.О; : \_\_\_\_\_ Ф.И.О;  
\_\_\_\_\_ Ф.И.О

**Операционно-технологическая карта сварки полиэтиленовых труб нагретым инструментом**  
**Шифр: ТК-НИ(ГО)-ПЭ-225/2021**

|  |   |   |               |  |
|--|---|---|---------------|--|
| 1  | Способ сварки: НИ-сварка нагретым инструментом  | - завод изготовитель:<br>- номер сертификата<br>- диаметр трубы - 225 мм<br>- толщина стенки 20,5<br>SDR - 11<br>Ф.И.О. сварщика:<br>Клеймо сварщика: |               |  |
|  | НТД по сварке: СП 42-103-2003   |   |               |  |
|  | Основной материал: полиэтилен ПЭ100   |   |               |  |
|  | Сварочное оборудование: СВА   |   |               |  |
|  | Вид соединения: стыковое  |   |               |  |
|  | Характеристика труб: ПВП/ГОСТ Р 58121-2-18  |   |               |  |
| Таблица 1: Параметры подготовки, сборки стыка под сварку и параметры готового сварного шва |   |   |               |  |
| Конструкция соединения   |   | Внешний вид готового соединения   |               |  |
|           |   |    |               |  |
| Температура нагревателя (Тн), °С   | ПЭ 100  |   |               |  |
|  | 220   |   |               |  |
|  | от 0 до -15 град. -230  | от 0 до +45 град. - 220   |               |  |
| Удельное давление при оплавлении (Ропл), МПа   | 0,2±0,02МПа   |   |               |  |
| Время оплавления (топл), с   | До образования первичного грата высотой: - 1,5 - 2,5 мм при толщине стенки труб от 12 до 25 мм; |   |               |  |
| Удельное давление при прогреве (Рпр), МПа  | 0,02±0,01МПа  |   |               |  |
| Время прогрева (tпр), с  | от -15 до 0   | от 0 до +20   | от +20 до +45 |  |
|  | 190-260   | 130-250   | 125-225       |  |
| Время технологической паузы (tn), с  | 9-11 сек.   |   |               |  |
| Удельное давление при осадке (Рос), МПа  | 0,2±0,02МПа   |   |               |  |
| Время охлаждения (тохл), мин   | температура окружающего воздуха   |   |               |  |
|  | от -15 до 0   | от 0 до +20   | от +20 до +45 |  |
|  | 16-21   | 18-26   | 20-25         |  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 |  <p><b>Внешний вид готового соединения</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;</li> <li>- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;</li> <li>- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3-0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах 0,2-0,8;</li> <li>- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10% толщины стенки трубы (детали);</li> <li>- впадина между валиками грата К (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);</li> <li>- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5 °.</li> </ul>  |
| 2 | <b>Подготовка</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- трубы необходимо тщательно очистить, их полости от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов;</li> <li>- соединяемые концы очистить от всех загрязнений на расстояние не менее 50 мм от торцов;</li> <li>- концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа на расстояние - не менее 15 мм;</li> <li>- очистку производят сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой;</li> <li>- если концы труб и деталей (вследствие небрежного хранения) окажутся загрязненными смазкой, маслом или какими-либо другими жирами, то их обезжиривают с помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов;</li> <li>- не рекомендуется производить очистку и обезжиривание цветными и синтетическими волокнистыми тканями.</li> </ul>   |
| 3 | <b>Сборка</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- сборку стыков необходимо производить в условиях надежной защиты от ветра и попадания на стык атмосферных осадков;</li> <li>- концы труб и деталей центрируют по наружной поверхности таким образом, что максимальная величина смещения наружных кромок не превышала 10% толщины стенок труб и деталей;</li> <li>- подгонку труб и деталей при центровке осуществляют поворотом одного из свариваемых концов вокруг их оси, перестановкой опор по длине трубы;</li> <li>- при сварке втык вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет 15-30 мм, а привариваемых деталей - не менее 5-15 мм;</li> <li>- закрепленные и сцентрированные концы труб и деталей перед сваркой подвергают механической обработке - торцеванию с целью выравнивания свариваемых поверхностей непосредственно в сварочной машине;</li> <li>- после механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается;</li> <li>- удаление стружки из полости трубы или детали производят с помощью кисти, а снятие заусенцев с острых кромок торца - с помощью ножа.</li> </ul>             |
| 4 | <b>Технология сварки</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Перед началом сварки должно быть проверено качество сборки соединяемых элементов, а также состояние стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей.</li> <li>2) Сварочные работы могут производиться при температуре окружающего воздуха от минус 15 °С до плюс 45 °С.</li> <li>3) Место сварки защищать от атмосферных осадков, ветра, пыли и песка, а в летнее время от интенсивного солнечного излучения.</li> <li>4) Изменение величины параметров во времени в процессе сварки производят по циклограмме.</li> <li>5) Температуру рабочей поверхности нагретого инструмента выбирают в зависимости от свариваемых труб (ПЭ 100).</li> <li>6) Продолжительность оплавления топ, как правило, не нормируется и зависит от появления первичного грата.</li> <li>7) Оплавление и нагрев торцов свариваемых труб и деталей осуществляют одновременно посредством их контакта с рабочими поверхностями нагретого инструмента.</li> <li>8) Оплавление торцов необходимо выполнять при давлении Роп в течении времени топ, достаточно для образования по всему периметру</li> </ol> |

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
|   |                          | <p>контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала (первичного грата).</p> <p>9) После появления первичного грата давление необходимо снижать до <math>P_n</math> и торцы нагревать в течение времени <math>t_n</math>, которое зависит от сортамента (толщины стенки) труб и деталей, температуры окружающего воздуха <math>T_o</math>.</p> <p>10) Допускается давление <math>P_n</math> снижать до минимума при сохранении постоянства контакта торцов труб (деталей) с нагретым инструментом.</p> <p>11) Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента, должна быть минимальной.</p> <p>12) После удаления нагретого инструмента торцы труб и деталей сводят и производят осадку стыка при давлении <math>P_{ос}</math>.</p> <p>13) Осадку стыка необходимо осуществлять плавным увеличением давления до заданного уровня.</p> <p>14) Охлаждение стыка необходимо производить под давлением осадки в течение времени <math>t_{охл}</math>.</p> <p>15) При сварке нагретым инструментом рабочие поверхности нагревателя покрывают антиадгезионным слоем, препятствующим налипанию расплава на инструмент.</p> <p>16) Маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым карандашом-маркером яркого цвета (например, белого или желтого - для черных труб, черного и голубого - для желтых труб).</p> <p>17) Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб.</p> <p>18) Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центратора в двух диаметрально противоположных точках.</p> |
| 5 | <b>Контроль качества</b> | <p><b>Перед сваркой следует контролировать:</b><br/>         Качество поверхности стыкуемых труб, размеры конструктивных элементов подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор и смещение кромок, перелом осей.</p> <p><b>В процессе сварки контролю подлежат:</b><br/>         Температура деталей и окружающего воздуха, порядок сварки соединения, технологические параметры процесса сварки.</p> <p><b>После сварки контролю подлежат:</b><br/>         Отклонение геометрических размеров, клеймение шва, размеры выполненного шва, смещение кромок, перелом осей сваренных элементов, наличие и размеры поверхностных дефектов в сварных швах.</p>  |

|   | Метод контроля<br>(вид испытаний) | НД на методику контроля (испытаний)         | НД на оценку качества или конкретные<br>количественные нормы качества | Объем контроля<br>(%, кол-во образцов) |
|---|-----------------------------------|---|---|--|
| 1 | <b>Визуально-измерительный</b>    | СП 42-103-2003 (приложение Н)               | СП 42-103-2003, п.п.8.10-8.15   | 100%                                   |
| 2 | <b>Ультразвуковой контроль</b>    | СП 42-103-2003 (приложение Р, приложение С) | СП 42-103-2003, п.п.8.21  | 100%                                   |
| 3 | <b>Испытание на растяжение</b>    | СП 42-103-2003 (приложение П)               | СП 42-103-2003, п.п.8.18  | $\geq 5$ образцов                      |

|                    |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
|--------------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------|-------------|---------------|----------------|
|                    |             |                 |                |             | <b>ТК-НИ(ГО)-ПЭ-225/2021</b> |             |               |                |
|                    |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
|                    |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
|                    |             |                 |                |             | <b>НИ 225/ПЭ 100</b>         | <b>Лит</b>  | <b>Мас.</b>   | <b>Масштаб</b> |
| <b>Изм</b>         | <b>Лист</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |                              |             |               | <b>б/м</b>     |
| <b>Разработал</b>  |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
| <b>Проверил</b>    |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
| <b>Согласовано</b> |             |                 |                |             |                              |             |               |                |
| <b>Утвердил</b>    |             |                 |                |             |                              | <b>Лист</b> | <b>Листов</b> |                |

Приложение Д  
Сварной стык

